serão mais tarde carregadas. Assim, quando da construção do plano inclinado da Base Naval do Alfeite, estudou-se um dispositivo que permitia a aplicação quase repentina de cargas, por ser esse o modo por que as estacas viriam a ser carregadas durante a elevação de barcos.

do tempo, marcam-se em ordenadas os assentamentos e em abcissas o tempo.

O diagrama da fig. 125, extraído do livro de Stern (1908), mostra claramente como um terreno reage lentamente perante as cargas e como a partir de dada carga, 50 t no caso da figura, os assentamentos passam

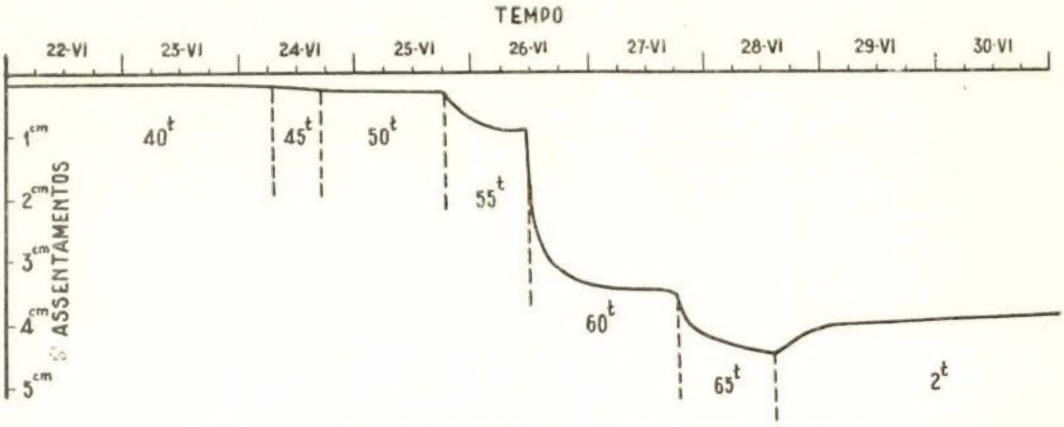


Fig. 125 — Variação dos assentamentos com a carga e o tempo

Sobre o modo de efectuar ensaios de carga e sua interpretação leia-se Brode (1940), Butzer (1924), Dettmmer (1930), Feaging (1935), Freund (1929), Hansen e Kneas (1942), Kollbrunner e Langer (1939), Paubsen (1934), Press (1931 e 1934), Sarrazin e Georges (1933), Teixeira Duarte (1943) e Terzaghi (1943).

60 — Interpretação dos ensaios

Seria fácil a interpretação dum ensaio de carga se a estaca se afundasse bruscamente sob a acção de uma carga bem determinada, tal como um cabo num ensaio de tracção. Isto porém, não se verifica. Daí a dificuldade em dizer qual a carga que a estaca pode suportar.

O afundamento duma estaca submetida a uma dada carga é geralmente função do tempo, tendendo para um valor limite, desde que não haja ruptura.

Para permitir a interpretação dos ensaios, empregam-se dois tipos de diagramas na representação dos seus resultados.

No primeiro tipo, que se impõe no caso corrente de os assentamentos serem função

a aumentar mais ràpidamente. Pode-se verificar ainda, no último troço da curva, que uma pequena parte do assentamento é reversível.

No outro tipo de diagrama (fig. 126), marcam-se em ordenadas os assentamentos provocados pela aplicação demorada das cargas, e em abcissas os valores destas mesmas cargas.

A forma da curva varia de aspecto consoante o terreno e o modo como a estaca lhe transmite a carga.

Algumas vezes o diagrama apresenta um troço recto, em que há proporcionalidade entre cargas e assentamentos, seguido duma queda em que a um pequeno acréscimo de carga corresponde um grande assentamento.

Tais diagramas são característicos em estacas que trabalham por atrito lateral: uma vez vencido este, a estaca afunda-se francamente (fig. 126).

Noutros casos, pelo contrário, não existe um limite bem determinado. É o que sucede quando grande parte da capacidade de carga é devida à resistência que o terreno opõe à penetração da ponteira. Quando este facto se verifica não tem sentido falar na

carga que produz o desequilíbrio da estaca.

Por esse motivo é usual, em vez de tentar determinar a carga que produz o afundamento da estaca, adoptar como carga limite aquela que provoca um dado assentamento, fixado a *priori*.

Segundo o código de construção da cidade de Boston só se podem aplicar às estacas cargas que nelas produzam assentamentos inferiores a 1/2 polegada e cujos valores se mantenham constantes durante 48 horas.

Segundo o de Nova York o assentamento, medido decorridas 24 horas sobre a aplicação duma carga igual a 150 % da carga de serviço, não deve exceder 0,01 de polegada por tonelada da carga do ensaio.

Para aplicação do determinado neste Código deve deduzir-se do assentamento medido a parte que possa ser atribuída à deformação elástica do material que constitua a estaca (Jacoby e Davis, 1941, pág. 138). Sobre deformação elástica do material das estacas veja-se atrás o parágrafo 49.

Os dois relatórios da Comissão de estudos de capacidade de carga de estacas da *Am. Soc. Civ. Eng.* (1941, pág. 853) têm uma redacção muito semelhante à destes códigos.

Num desses relatórios faz-se notar que nas estacas que trabalham de ponta o diagrama de assentamentos deve seguir de perto a deformação elástica do material da estaca.

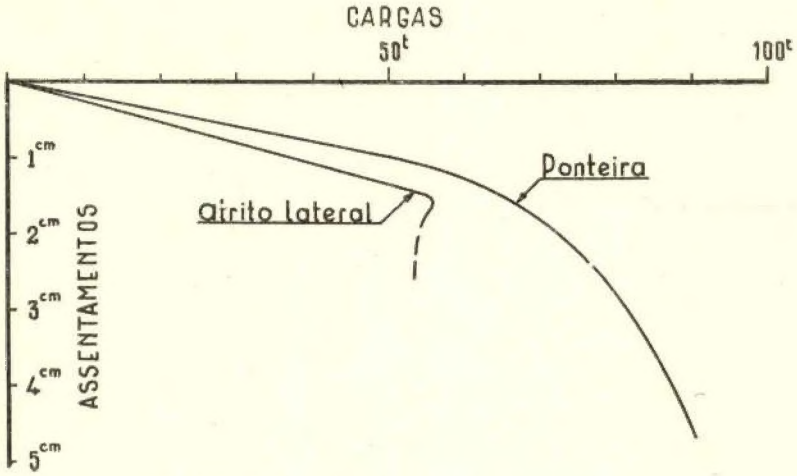


Fig. 126 — Relação entre assentamentos e carga

Sobre interpretação dos ensaios veja-se a bibliografia indicada no final do parágrafo anterior.

61 — Coeficiente de segurança para utilização de ensaios de carga

Quando se efectuam ensaios de carga podem empregar-se, para a fixação da carga de serviço das estacas, coeficientes bastante baixos, compreendidos entre 1,5 e 2.

Na Alemanha está fixado que às estacas podem ser aplicadas cargas de serviço iguais a 2/5 das cargas que provocam o rompimento do equilíbrio. Em grande número de casos esta última designação deve prestar-se a confusões.

Segundo o código de construção de Nova York os ensaios devem fazer-se com cargas iguais a 3/2 das cargas de serviço. Segundo o da cidade de Boston a carga de ensaio deve atingir o dobro da carga de serviço e ser aplicada em incrementos de 0,5 T. intervalados de, pelo menos, quatro horas.

Agatz também considera suficiente, para cargas estáticas, o coeficiente de segurança 2 (Agatz, 1936, pág. 204).

Ao escolher-se, para cada caso concreto, o coeficiente de segurança a adoptar, devem ter-se em conta, especialmente, as contingências que possam comprometer a boa execução da fundação.

Assim, por exemplo, quando se cravam

estacas em terrenos onde existe o perigo de a cravação danificar as estacas, e quando se empregam estacas betonadas no solo, cujo fabrico é sempre uma operação melindrosa, ou ainda quando se receiam alterações do nível friático, convém aumentar o coeficiente de segurança.

Quando seja grande a experiência com estacas de tipos semelhantes, empregadas nas mesmas condições, o sub-solo seja bem conhecido e a obra de pequena responsabilidade, o coeficiente de segurança poderá ser baixado.

Convém ter sempre presente que este coeficiente apenas diz respeito ao afundamento da estaca isolada no terreno e não dá qualquer indição sobre o comportamento duma fundação sobre estacas (ver parágrafos 48 e 63).

62 — Estacas atravessando terrenos em via de consolidação

O facto de uma estaca atravessar terrenos em via de consolidação, para se ir apoiar numa camada subjacente, em que trabalhe de ponta, tem graves inconvenientes.

À medida que se for dando a consolidação e o terreno for assentando, as estacas irão recebendo, por atrito, um acréscimo de carga. A grandeza deste acréscimo depende, especialmente, da forma de estaca, da natureza da sua superfície e da importância do assentamento do terreno.

No livro de Kogler e Scheidig (1939, pág. 251) são descritos vários acidentes devidos ao assentamento das camadas do terreno atravessadas por estacas carregadas de ponta. A importância deste perigo tem passado desapercebida, no entanto, a quase todos os autores.

Se a forma da estaca for cónica ou piramidal, com a extremidade mais delgada para baixo (caso *a* da fig. 127) receberá um aumento de carga inferior ao que receberia uma estaca prismática (caso *b* da fig. 127). Não sabemos, porém, qual o valor da diminuição.

Se, pelo contrário, a estaca for cónica ou piramidal, com a parte delgada para cima (caso *c* da fig. 127), ela receberá um maior aumento de carga, como consequência do assentamento do terreno atravessado, do que receberia uma estaca prismática.

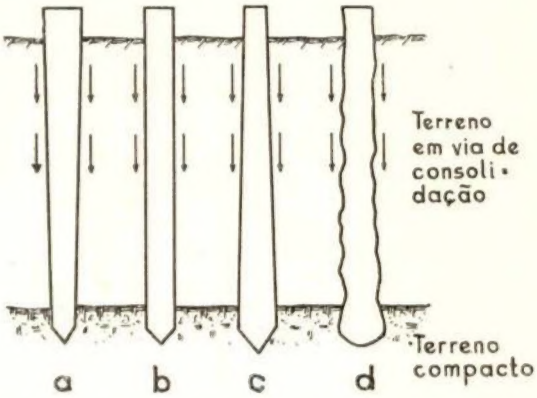


Fig. 127 — Aumento da carga sobre a ponteira, devido ao assentamento do terreno atravessado

As estacas de superfície rugosa também se encontram em piores circunstâncias do que as estacas de superfície lisa.

Por esse facto, a casa «Rodio» executa, destinadas ao atravessamento de terrenos

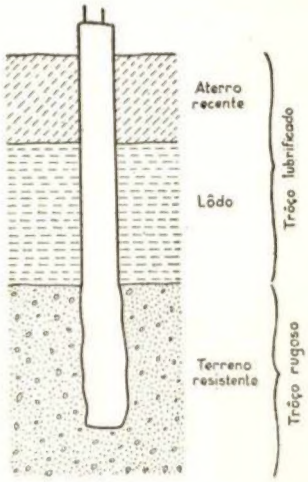


Fig. 128 — Estaca Rodio, lubrificada

em via de consolidação, estacas a que chama *lubrificadas* (fig. 128) e em que se tomam providências para eliminar o atrito entre o terreno e o troço superior da estaca (ver atrás o parágrafo 28-7).

Quando pelo emprego de fórmulas de cravação se avalia a capacidade de carga duma estaca carregada de ponta (parágrafo 52) deve ter-se presente que o avanço

da estaca, sob as últimas pancadas, já com a ponteira no terreno resistente, é influenciado pelas camadas superiores de terreno atravessadas, muito embora estas, possìvelmente, nada venham a contribuir, antes pelo contrário, para a resistência da estaca. Parece razoável subtrair ao valor da capacidade de carga, calculado a partir dos últimos avanços, a capacidade de carga que corresponderia aos avanços verificados no atravessamento das camadas superiores. Deste modo se pode ter em conta o possível desaparecimento da resistência destas camadas ao dar-se o seu assentamento (Koegler e Scheidig 1939, pág. 241).

Mesmo que as cargas atribuídas às estacas tenham sido fixadas a partir de ensaios directos de carga, o assentamento do terreno atravessado também pode comprometer a fundação. Convém, por isso, descontar ao valor da carga atingida no ensaio o valor do atrito lateral nos terrenos atravessados ou, talvez mesmo, contar com ele, mas com sinal trocado.

A construção de novos edifícios junto a estacas carregadas de ponta pode dar ocasião a que nestas se verifiquem esforços de flexão. Deve, por isso, ser evitada (fig. 129).

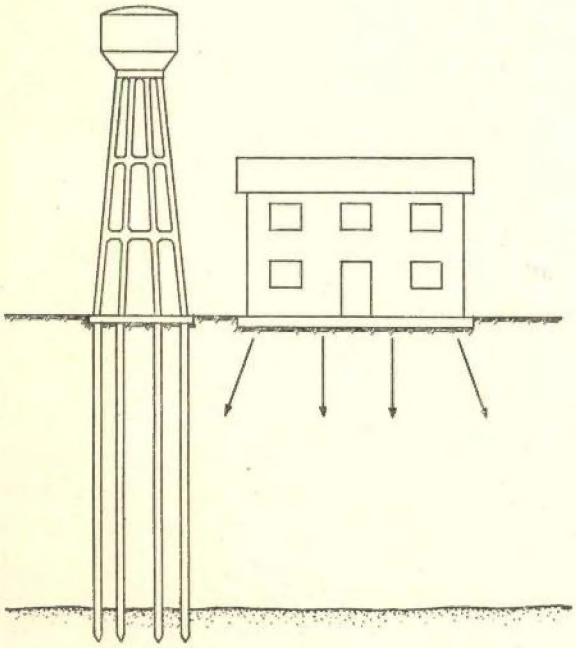


Fig. 129 — Efeito de construções visinhas sobre estacas carregadas de ponta

Outro inconveniente ainda, para as estacas de madeira, do assentamento das camadas superficiais do terreno, reside no facto de, pondo a descoberto as cabeças, dar ocasião ao seu apodrecimento.

63 — Cargas que as estacas podem suportar em grupo

As ideias a desenvolver neste parágrafo vão de encontro ao que muitos engenheiros estão habituados a pensar sobre o assunto. Iniciá-lo-emos, por isso, com uma transcrição de algumas palavras da pessoa que mais tem contribuído para o avanço do estudo das fundações: o professor Terzaghi.

Considerações de ordem teórica, reforçadas pela experiência, permitem garantir que da determinação experimental do assentamento duma estaca isolada nada se pode concluir acerca do assentamento dum grupo de estacas suportando a mesma carga por estaca.

A opinião, muito generalizada, de que o resultado favorável dum ensaio de carga de uma estaca exclui a possibilidade de grandes assentamentos duma fundação sobre estacas, é um dos mais incompreensíveis e prejudiciais preconceitos existentes no campo de engenharia civil» (Terzaghi, 1939-a, pág. 131).

O comportamento duma fundação sobre estacas depende, essencialmente, da natureza do terreno abaixo da ponteira das estacas e da área ocupada pela fundação.

Só no caso particular de as ponteiras atingirem uma camada firme, capaz de suportar grandes cargas sem assentamentos prejudiciais, é que o comportamento da fundação será independente da área ocupada. Neste caso os resultados dos ensaios de carga sobre estacas isoladas podem ser utilizados com confiança.

No caso geral de, abaixo da cota das ponteiras, se encontrarem terrenos compressíveis, o comportamento da fundação depende da área carregada. Como consequência da

sobreposição das tensões provocadas no terreno por cada uma das estacas, os assentamentos serão tanto maiores quanto mais elevada for a área ocupada pela fundação.

A fig. 130 representa, de um modo aproximado, a distribuição de tensões no terreno quando se carrega uma estaca de ensaio e quando se carrega toda uma fundação. Esta figura foi inspirada noutra, muito semelhante, apresentada por Terzaghi (1929-a, pág. 290).

Ela permite perceber qual a razão por que no segundo caso é muito maior o assentamento do terreno.

Quando se projectem grandes fundações sobre estacas interessa mais conhecer, até grande profundidade, as propriedades físicas do terreno do que conhecer o comportamento duma estaca isolada. A distribuição de tensões no terreno e, consequentemente, os assentamentos são pouco influenciados pelo tipo e pela densidade de cravação das estacas: o que interessa conhecer é o valor da carga total, a área ocupada pela fundação e a natureza do terreno.

Nas fundações sobre grande número de estacas tudo se passa, em geral, como se se tratasse de ensoleiramento geral a cota próxima da ponteira das estacas.

Nestas condições os assentamentos sob a fundação são fáceis de calcular pelos processos estudados na mecânica dos solos.

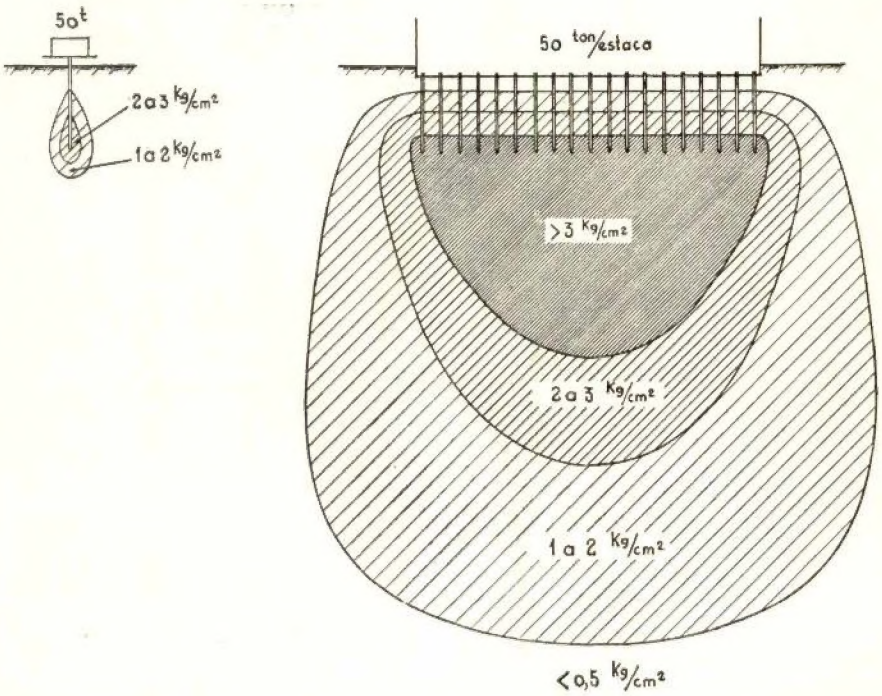


Fig. 130 — Comparação entre as pressões no solo devidas à aplicação de cargas a uma estaca isolada e a um grupo de estacas

Para um terreno homogéneo, de profundidade indefinida, o assentamento s duma fundação cuja menor dimensão é a, sujeito à carga unitária p_o, pode ser calculado por uma expressão da forma (Kogler e Scheidig 1939, pág. 109)

$$s = \gamma \frac{p_o a}{E}$$

sendo E o módulo de elasticidade do terreno e γ um coeficiente dependente das características geométricas da superfície

carregada e do ponto onde se mede o assentamento.

Para o cálculo do assentamento do ponto central duma fundação quadrada é $\gamma = 1$.

Foi adoptando este valor que elaborámos o quadro V, o qual permite avaliar a influência da quantidade de estacas sobre o assentamento.

QUADRO V

Assentamento da estaca central duma fundação quadrada sobre terreno homogéneo

Carga por estaca = 50 t.

Afastamento entre estacas = 2,0 m.

Quantidade de estacas	Lado da fundação	Terreno	
		Argila média E = 100 Kg/cm²	Areia média E = 300 Kg/cm²
100	22m	9cm	25cm
1.000	66m	27cm	84cm
10.000	202m	84cm	250cm

Para fundações com outras formas também é fácil calcular os assentamentos. Não trataremos aqui dos métodos a empregar, por sairem fora do âmbito deste trabalho. Sobre o assunto consulte-se Kogler e Scheidig (1939), Guidi (1942), Araujo (1942) e Terzaghi (1943).

O problema do estudo do comportamento duma fundação sobre estacas complica-se quando a presença das estacas vai alterar as propriedades do terreno. É o que sucede com as argilas, cuja estrutura é alterada pela cravação de estacas, e se tornam, desse modo, piores terrenos de fundação. As areias, pelo contrário, melhoram quando nelas se cravam estacas (parágrafo 47).

Quando o terreno de fundação não é homogéneo, a previsão dos assentamentos aumenta de dificuldade, mas ainda pode ser abordada pelos processos empregados na mecânica dos solos, depois de determinadas as propriedades dos terrenos que interessam a esta ciência (compressibilidade, permeabilidade, coesão, etc).

Consideremos a fundação representada na fig. 131 e suponhamos que as sondagens

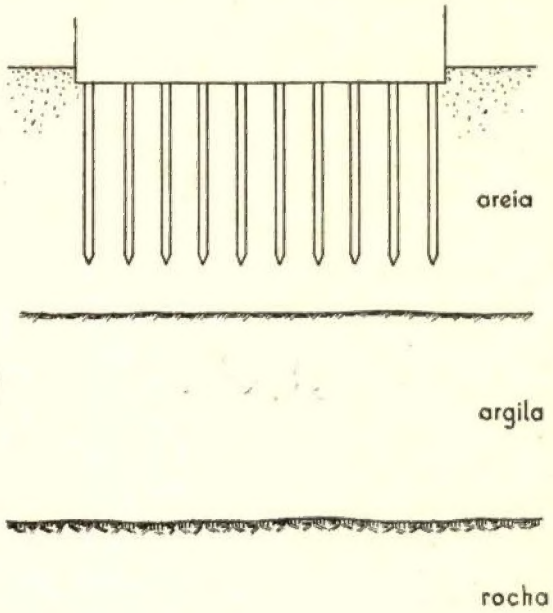


Fig. 131 — Exemplo das condições em que o ensaio duma estaca isolada não permite ajuizar do comportamento da fundação

efectuadas apenas nos indicam a natureza dos terrenos encontrados: areia, argila e rocha. Estas indicações serão insuficientes para prevermos o comportamento do conjunto da fundação a partir do conhecimento do resultado do ensaio de carga sobre estacas isoladas.

Ao ensaiarmos estacas isoladas, especialmente se for grande a altura em areia abaixo da ponteira da estaca, a argila receberá uma pequena pressão unitária. Se carregarmos simultâneamente todas as estacas a argila receberá as mesmas cargas que receberia se o edifício descarregasse directamente sobre ela: a areia e as estacas apenas actuarão como transmissores das cargas. O assentamento do edifício atingirá, especialmente se a argila for muito compressível,

valores largamente superiores aos encontrados nos ensaios.

Consideremos agora o caso de a argila ser compacta e a areia muito solta. É natural que, nestas condições, um ensaio de carga efectuado sobre uma estaca isolada dê um valor baixo. Se, porém, se cravar na areia elevado número de estacas, ela tornar-se-á apta para suportar elevadas cargas. À fundação poderão ser aplicadas, então, cargas superiores às indicadas pelo resultado do ensaio de estacas isoladas.

A quem se queira informar sobre alguns insucessos a que tem conduzido o mau hábito de multiplicar o número de estacas pela carga que cada uma pode suportar, como meio de avaliação da carga que pode ser aplicada a uma fundação, recomendamos a leitura de alguns artigos de Terzaghi.

CAPÍTULO VIII

Critérios para escolha de tipos de fundação e de estacas

64 — Dificuldades da escolha do tipo de fundação

A escolha do tipo de fundação, entre os vários problemas que o engenheiro civil pode ser chamado a resolver, é aquele que permite maior diversidade de soluções. Este facto, aliado à dificuldade de se preverem os comportamentos das diversas soluções, torna o problema extremamente difícil.

Actualmente é quase impossível a uma pessoa possuir um conhecimento perfeito de todos os tipos de fundação. Só esse conhecimento, no entanto, permitiria ao engenheiro escolher a solução mais conveniente para cada problema.

Para dificultar a apreciação e comparação entre os diversos tipos de fundação concorre ainda a circunstância de o mesmo processo poder dar bons ou maus resultados, em condições aparentemente idênticas, mercê de pequenos pormenores de execução ou de subtis diferenças das condições locais.

A ciência das fundações, como é sabido, ainda há pouco se encontrava num lamentável empirismo. Os progressos verificados nos últimos 20 anos ainda hoje se não sabem utilizar tão completamente como seria necessário

Nos parágrafos do presente capítulo procuramos dar algumas indicações para facilitar, a quem tenha de resolver um problema de fundações, a resposta às duas perguntas seguintes:

Convém, ou não, adoptar estacas?

Qual o tipo de estacas a adoptar?

65 — Quando se devem empregar estacas

São bastante mais reduzidas do que se julga as circunstâncias em que se deve preferir o emprego de estacas a qualquer outro tipo de fundação.

Para edifícios com grandes dimensões podemos afirmar que o emprego de estacas se deve limitar apenas, salvo condições muito especiais, aos casos em que as suas ponteiras atingem camadas de terreno suficientemente resistentes para nelas as estacas trabalharem de ponta (ver parágrafo 63).

Sucede, porém, que, quando o terreno melhora de modo notável com a profundidade, é geralmente mais económico o emprego de poços em lugar de estacas, especialmente se as cargas forem elevadas.

A execução de poços pode, no entanto, ser dificultada pela presença dum lençol aquífero ou dum terreno difícil de entivar, circunstâncias estas que pouco afectam a cravação de estacas.

O emprego de estacas em fundações pode limitar-se a ser provisório e consistir apenas no estabelecimento duma cortina de estacas-pranchas que, envolvendo toda a planta do edifício, permita dentro dela o trabalho a seco.

Quando o terreno não melhora ràpidamente com a profundidade é geralmente uma solução muito económica o emprego de estacas flutuantes. Só se pode, porém, recorrer a elas para suportar cargas isoladas

ou desenvolvendo-se numa única dimensão. O seu emprego deve, por isso, ser limitado a obras no género de pilares de pontes, postes, Duques de Alba, muros, etc.

São condições que interdizem, mais ou menos, o emprego de estacas a presença no terreno de blocos erráticos, restos de construções ou troncos de árvores, a vizinhança de edifícios fundados de modo diverso, etc.

O problema da escolha do tipo de fundação foi tratado por Bierbauer (1929), Everham (1931), Loos (1936) e Terzaghi (1939).

66 — Escolha do tipo de estacas

A escolha do tipo de estacas mais adequado a cada trabalho é, como já temos dito, um problema extremamente complexo.

Tentámos, no entanto, estabelecer umas normas para essa escolha. Esperamos que elas possam ser de alguma utilidade, especialmente a quem não possua muita experiência neste ramo de engenharia. Passamos a expo-las:

1 — Há possibilidade de utilizar um bate-estacas

a) Se as estacas não estiverem sujeitas a alternativas de secura e humidade, empregar *estacas de madeira.*

b) Se as estacas estiverem sujeitas a alternativas de secura e humidade, adoptar *estacas betonadas em estaleiro;* no caso de a cravação ser difícil ou de a obra ser provisória e possível a recuperação, empregar *estacas metálicas.*

2 — Não há possibilidade de utilizar um bate-estacas (por motivo da presença de corpos estranhos no terreno, para evitar trepidações, por o pequeno volume da obra não justificar o emprego dum bate-estacas, por falta de espaço para manobra, etc.

a) Em terrenos pouco consistentes e em terrenos agressivos do betão, adoptar *estacas betonadas no solo com molde perdido.*

b) Em terrenos consistentes e não agressivos, adoptar *estacas betonadas no solo com molde recuperado.*

Claro que estas normas não podem ser encaradas rìgidamente. Muitas outras circunstâncias podem influir na escolha da estaca a adoptar. Entre elas podemos citar as seguintes:

1) Resultados conhecidos do emprego, no mesmo local, dos diferentes tipos de estacas;
2) Existência e cota do lençol freático;
3) Confiança que inspire quem se proponha executar cada um dos tipos apresentados como solução;
4) Aparelhagem disponível;
5) Prazo de execução;
6) Preços apresentados para os diferentes tipos.

Ainda com o fim de facilitar a tarefa de comparação das estacas elaboramos no parágrafo seguinte um resumo das principais características de cada tipo.

67 — Principais características dos diversos tipos de estacas

1 — Estacas de madeira

Vantagens:

1) Duração limitada quando completa e permanentemente debaixo de água;
2) Grande resistência a ataques químicos dos terrenos e águas freáticas;
3) Podem ser prontamente cravadas e postas em serviço, desde que existam em estaleiro;
4) Custo reduzido;
5) Resistem bem às manobras de transporte e cravação.

Inconvenientes:

1) Duração reduzida quando sujeitas a alternativas de secura e humidade ou ao ataque por seres vivos;
2) Dimensões limitadas, nos países sem árvores de espécies adequadas;
3) Susceptíveis de se danificarem durante a cravação, ao chocar com corpos estranhos.

2 — Estacas betonadas em estaleiro

Vantagens:

1) Grande duração, mesmo quando sujeitas a alternativas de secura ou humidade;

2) Não são atacadas por seres vivos;
3) Podem fabricar-se com quaisquer formas e dimensões;
4) Betão de qualidade constante;
5) Aptidão para, mediante armadura, resistirem a esforços de flexão;

Inconvenientes:

1) Dimensões limitadas ao bate-estacas disponível;
2) Necessidade, em geral, de demolir a cabeça da estaca para a ligar ao resto da construção;
3) Perigo de fender durante o transporte e cravação;
4) Necessidade de aguardar cerca de 4 semanas antes da cravação das estacas;
5) Necessidade de espaço para o estaleiro no local da obra.

3 — Estacas moldadas no solo

Vantagens:

1), 2) e 3), como para as estacas betonadas em estaleiro;
4) Possibilidade de emprego quando a cravação estiver interdita;
5) Possibilidade de economia na armadura;
6) Utilização de grande confiança, mesmo nos piores terrenos, para as estacas com molde perdido;
7) Possibilidade de as executar, mediante perfuração, sem causar perturbações na estrutura do terreno.

Inconvenientes:

1) Betão executado em condições difíceis;
2) Perigo de ataque do betão fresco, nas estacas com molde recuperado;
4) Elevado custo, nas estacas com molde perdido;
5) Limitações de trabalho na vizinhança de estacas recentemente executadas;
6) Necessidade de aguardar que o betão endureça antes da entrada da estaca em serviço.

4 — Estacas metálicas

Vantagens:

1) Grande duração, especialmente com aços especiais;
2) Possibilidade de cravação nos piores terrenos;
3 Possibilidade de cravação sem provocar alteração da estrutura de argilas;
4) Possibilidade de utilização da estaca logo após a sua cravação;
5) Possibilidade de emprego repetido em obras provisórias;
6) Facilidade de transporte;
7) Possibilidade de receber formas para resistir à flexão.

Inconvenientes:

1) Elevado custo.

TRANSPORTE MECÂNICO DE SÓLIDOS NAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES

Assistente do I. S. T.

C. D. 621.8

(Conclusão)

2 — *Descarga*

A descarga obtém-se fazendo bater os alcatruzes contra um anteparo, de modo a que rodem em torno do eixo e descarreguem (fig. 46).

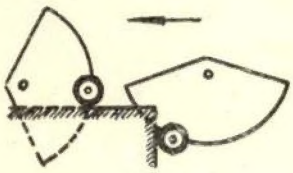


Fig. 46

A aplicação mais importante destes transportadores consiste em poder efectuar o transporte em varias direcções diferentes, como se indica no esquema junto (fig. 47).

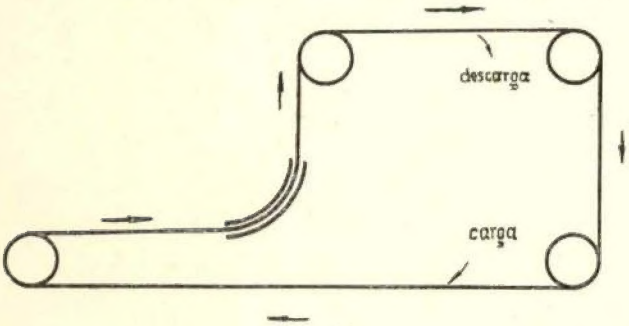


Fig. 47

Neste caso é preciso aplicar as equações da estática a cada uma das rodas e estabelecer as relações entre as diferentes tensões, o que se faz de maneira análoga ao caso de dois únicos ramos e o cálculo não apresenta dificuldades.

Se, porém, as mudanças de direcção se efectuam num plano horizontal é preciso entrar com a resistência dos roletes nas curvas e o problema começa a complicar-se e a sair do âmbito dos cálculos simples que podem ser efectuados por um engenheiro químico.

***

Uma vista geral sobre o cálculo dos transportadores de corrente e cadeia, mostra que o grau de arbitrariedade é ainda maior do que no caso dos transportadores de correia, especialmente no que diz respeito a dimensões.

No entanto, apesar dos resultados não serem absolutamente rigorosos (e, aliás, o rigor em problemas desta índole só pode ser obtido por comparação com instalações análogas), os erros introduzidos estão dentro das tolerâncias da prática e, por isso, o estudo feito pode ser aplicado sem a preocupação de não se ter sido absolutamente exacto em determinado pormenor.

CAPÍTULO III

Transportadores com o eixo paralelo à direcção do movimento

I PARTE — TEORIA

O transporte de uma partícula sólida desde o ponto A até ao ponto B realiza-se por escorregamento sobre a face interna de uma superfície cilíndrica, sendo o movimento comunicado por uma superfície helicoidal que efectua uma rotação em torno do eixo da superfície cilíndrica (fig. 48).

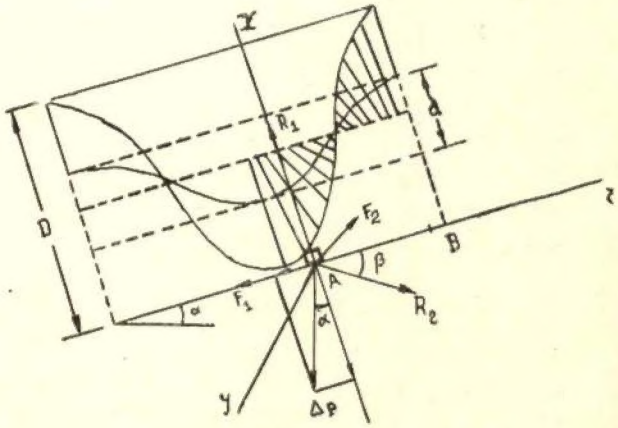


Fig. 48

A superfície helicoidal é um helicóide de plano director [1] cujas equações paramétricas são as seguintes:

$$\begin{cases} x = v \cos u \\ y = v \operatorname{sen} u \\ z = \dfrac{p}{2\pi} u \end{cases}$$

em que p representa o passo.

Destas equações paramétricas deduz-se a equação cartesiana

$$z = \frac{p}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x}$$

O problema do transporte da partícula consiste, anàlogamente ao caso do Capítulo II, em determinar, sendo dada a carga Q a transportar por hora (expressa em kg/h) e o ângulo α que a direcção de transporte faz com o plano horizontal, os seguintes elementos:

1 — Número de rotações do helicóide por minuto
2 — Dimensões do helicóide e da caixa cilíndrica
3 — Potência do motor a empregar
4 — Sistema de carga e descarga

Representemos por:

D — Diâmetro da caixa cilíndrica (m)
p — Passo do helicóide (m)
n — Número de rotações do helicóide por minuto
N — Potência a instalar (CV)
μ_1 — Coeficiente de atrito do material a transportar, sobre a caixa
μ_2 — Coeficiente de atrito do material a transportar, sobre o helicóide
L_1 — Comprimento do transportador (m)
γ, γ_1, L, P, P_1 e Nm têm os significados atribuídos no Capítulo II.

Sob o ponto de vista dinâmico o problema consiste em estudar o movimento de uma partícula sujeita a duas ligações: uma superfície cilíndrica e um helicóide.

Como no Capítulo II, vamos considerar o problema em duas fases.

I — Vamos admitir que o peso do transportador é nulo e que não há atritos a não ser os de escorregamento sobre a caixa e sobre o helicóide. Designaremos a potência, neste caso, por N'.

Consideremos, então, uma partícula de peso ΔP. Pelo movimento do helicóide em torno do eixo, a partícula tem tendência a mover-se com essa superfície devido ao atrito existente no ponto do contacto. Mas, quando a partícula atingir a posição M', em que há equilíbrio entre as forças de atrito, o peso e a força centrífuga, o seu movimento de rotação cessa e a partir desse instante, só há considerar uma translacção ao longo da geratriz que passa por M' (fig. 49) [1].

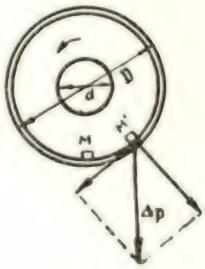


Fig. 49

A força ΔP dá origem às reacções R_1 e R_2 respectivamente sobre a caixa e sobre o helicóide. A reacção R_1 provoca a força de atrito F_1 que se opõe ao escorregamento sobre a caixa e a reacção R_2 origina a força de atrito F_2 que se opõe ao escorregamento da partícula sobre o helicóide.

---

[1] O helicóide de plano director é um conóide (superfície gerada por uma recta que se apoia sobre uma curva dada conservando-se paralela a um plano dado) em que a geratriz se apoia sobre uma hélice circular e é constantemente perpendicular ao eixo do cilindro. Sobre o assunto ver qualquer Tratado de Geometria Analítica (por exemplo «Cours de Mathématiques» de Comissaire et Cagnac, volume I, pág. 537, edição de 1935) ou «Manual del Constructor de Máquinas», de H. Dubbel, segunda edição, tomo I, pág. 162.

[1] Se a caixa é móvel, a geratriz que passa por M' será a geratriz de uma superfície cilíndrica ideal fixa no espaço, sobre a qual a caixa escorrega.

De acordo com a fig. 48, ter-se-á:

$$\text{mod } R_1 = \triangle P \cos \alpha$$
$$\text{mod } F_1 = \mu_1 R_1 = \mu_1 \triangle P \cos \alpha$$
$$\text{mod } R_2 = \triangle P (\text{sen } \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \cos \beta$$
$$\text{mod } F_2 = \mu_2 R_2 = \mu_2 \triangle P (\text{sen } \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \cos \beta$$

Nestas expressões β é o ângulo da normal ao helicóide no ponto M', com o eixo Oz.

Ora, a equação da normal é: (1)

$$\frac{X-x}{p} = \frac{Y-y}{q} = \frac{Z-z}{-1}$$

e o eixo Oz é definido pelo vector $\vec{K}$. Portanto o valor de cos β será: (2)

$$\cos \beta = \frac{-1}{\sqrt{1+p^2+q^2}}$$

Mas,

$$p = \frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{p}{2\pi} \cdot \frac{y}{x^2+y^2} = \frac{py}{2\pi r^2} = -\frac{py}{\pi D^2}$$

$$q = \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{p}{2\pi} \cdot \frac{x}{x^2+y^2} = \frac{px}{2\pi r^2} = \frac{px}{\pi D^2}.$$

Logo

$$|\cos \beta| = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{p_2}{\pi_2 D_2}}} = \frac{\pi D}{\sqrt{\pi^2 D^2 + p^2}}$$

A grandeza de F_2 será, portanto,

$$\text{mod } F_2 = \mu_2 \triangle P \ (\text{sen } \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \frac{\pi D}{\sqrt{\pi^2 D^2 + p^2}}$$

Esta força é, em cada instante, tangente à hélice que limita, exteriormente, o helicóide, cujas equações se obterão fazendo $v = \frac{D}{2}$ nas equações paramétricas:

$$\begin{cases} x = \frac{D}{2} \cos u \\ y = \frac{D}{2} \text{sen } u \\ z = \frac{p}{2\pi} u \end{cases}$$

(1) Cálculo diferencial — Geometria diferencial.

(2) Cálculo diferencial — Geometria diferencial.

O trabalho elementar das forças actuantes será

$$d(\triangle \tau) = -\triangle P \ \text{sen } \alpha \, dz - \text{mod } F_1 \ dz - \text{mod } F_2 \, ds \ (1),$$

sendo ds a diferencial do arco da hélice a que F_2 é tangente.

Como se sabe: (2)

$$ds = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} \, du =$$

$$= \sqrt{\frac{D^2}{4} \text{sen}^2 u + \frac{D^2}{4} \cos^2 u + \frac{p^2}{4\pi^2}} \, du =$$

$$= \frac{\sqrt{\pi^2 D^2 + p^2}}{2\pi} du$$

Mas u representa o arco θ da projecção da hélice sobre o plano xOy, contado a partir da intersecção com o eixo Ox (fig. 50).

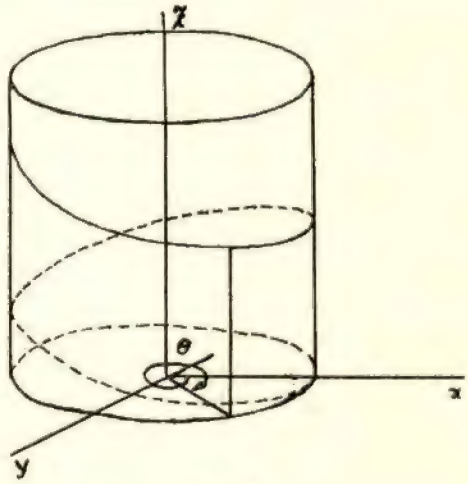


Fig. 50

Portanto

$$ds = \frac{\sqrt{\pi^2 D^2 + p^2}}{2\pi} d\theta$$

Por outro lado, da equação

$$z = \frac{p}{2\pi} u,$$

(1) O trabalho das reacções é nulo (Mecânica Racional — Sistemas sujeitos a ligações).

(2) Cálculo diferencial — Geometria diferencial).

tira-se

$$dz = \frac{p}{2\pi}\, du = \frac{p}{2\pi}\, d\vartheta$$

Substituindo mod F_1, mod F_2, dz e ds pelos seus valores vem

$$d\left(\Delta\tau\right) = -\frac{\Delta|P}{2\pi}\left[\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right)p + \mu_2\left(\operatorname{sen}\alpha + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \mu_1\cos\alpha\right)\cdot\frac{2\pi}{\sqrt{\pi^2 D^2 + p^2}}\cdot\sqrt{\pi^2 D^2 + p^2}\right] d\vartheta,$$

ou, integrando,

$$\Delta\tau = -\frac{\Delta P\, p\, \vartheta}{2\pi}\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right)\left(1 + \mu_2\frac{\pi D}{p}\right)$$

A potência a aplicar no veio será, pois

$$\Delta N' = -\frac{\Delta P\, p\, \omega}{2\pi}\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right)\left(1 + \mu_2\frac{\pi D}{p}\right)$$

ou, finalmente,

$$\Delta N' = -\frac{\Delta P\, p\, n}{60.75}\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right)\left(1 + \mu_2\frac{\pi D}{p}\right)$$

Se em vez de conter uma só partícula, a caixa estiver completamente cheia entre os pontos de entrada e saída, o cálculo tem de ser estendido a todas as partículas.

Consideremos o conjunto das partículas situadas à distância r do eixo, as quais constituem uma coroa cilíndrica de espessura dr (fig. 51).

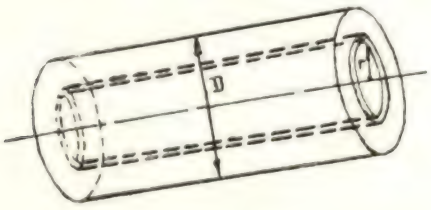


Fig. 51

O peso desta coroa cilíndrica será

$$dP = 2\pi r L\, dr \,.\, \gamma$$

Como todos os pontos estão situados à mesma distância, a expressão da potência que se determinou pode ser aplicada substituindo $\frac{D}{2}$ por r; portanto,

$$dN' = \frac{2\pi r L \gamma p n}{4500}\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right)\times$$

$$\times\left(1 + \mu_2\frac{2\pi r}{p}\right) dr$$

A potência total, será, pois:

$$N' = \frac{2\pi L \gamma p n}{4500}\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right)\times$$

$$\times\int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}}\left(r + \mu_2\frac{2\pi r^2}{p}\right) dr$$

ou,

$$N' = \frac{2\pi L \gamma p n}{4500}\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right).\frac{D^2 - d^2}{8}\times$$

$$\times\left(1 + \mu_2\frac{2\pi}{3p}\cdot\frac{D^2 + D\,d + d^2}{D + d}\right)$$

Mas,

$$\frac{\pi\,(D^2 - d^2)}{4}\,\gamma = P$$

Portanto

$$N' = \frac{P L p n}{4500}\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right)\times$$

$$\times\left[1 + \frac{2}{3}\mu_2\frac{\pi D}{p}\cdot\frac{1 + \frac{d}{D} + \left(\frac{d}{D}\right)^2}{1 + \frac{d}{D}}\right]$$

Como a relação $\frac{d}{D}$ varia, em geral, entre $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{6}$, o termo $\left(\frac{d}{D}\right)^2$ pode ser desprezado e a expresão final da potência, será

$$N' = \frac{P L p n}{4500}\left(\operatorname{sen}\alpha + \mu_1\cos\alpha\right)\left(1 + \frac{2}{3}\mu_2\frac{\pi D}{p}\right)$$

Comparando as expressões achadas para $\Delta N'$ e N', verifica-se que, àparte a substituição de ΔP por PL (o que é lógico), a única diferença existente, reside no termo em μ_2 que, no segundo caso, é $\frac{2}{3}$ do pri-

meiro, como consequência de a carga não se encontrar toda à mesma distância do eixo. Ora, na prática, a caixa não trabalha completamente cheia, tendo um determinado grau de enchimento, E. Nestas condições as coroas cilíndricas não são completas e, por isso, o termo em μ_2 vem afectado de um coeficiente compreendido entre 1 e $\frac{2}{3}$; em geral usa-se o valor 0,75 e, portanto a potência, será, finalmente

$$N' = \frac{P L n p}{4500} \left(\operatorname{sen} \alpha + \mu_1 \cos \alpha\right) \left(1 + \mu_2 \frac{0{,}75 \pi D}{p}\right)$$

Mas, como se viu no capítulo II, será

$$P = \frac{Q}{3600\, v}$$

Por outro lado

$$v = \frac{dz}{dt} = \frac{p}{2\pi} = \frac{d\theta}{dt} = \frac{p\omega}{2\pi} = \frac{pn}{60}$$

Logo,

$$P = \frac{Q}{60\, pn}$$

Substituindo, na expressão de N', virá, finalmente,

$$N' = \frac{Q L}{270.000} \left(\operatorname{sen} \alpha + \mu_1 \cos \alpha\right) \left(1 + \mu_2 \frac{0{,}75 \pi D}{p}\right)$$

Resta determinar os valores de n, D e p.

a) *Valor de n*

Depende dos tipos de transportador, como veremos.

b) *Valores de D e p*

Como se viu, o valor de P é dado por qualquer das seguintes expressões:

$$P = \frac{Q}{60\, pn}$$

ou

$$P = E \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \gamma$$

Igualando estes dois valores, ter-se-á

$$\frac{Q}{60\, pn} = E \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \gamma$$

Na prática, é mais cómodo, determinar o valor de E, tendo já em consideração o volume não aproveitado de valor $\frac{\pi d^2}{4} L$; sendo assim, ter-se-á,

$$\frac{Q}{60\, pn} = E \frac{\pi D^2}{4}$$

Mas em geral, p é uma fracção determinada de D, isto é

$$p = \xi D$$

Portanto, finalmente

$$Q = 15\, \xi E \gamma n D^3,$$

ou

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{15\, \xi E \gamma n}} = 0{,}32 \sqrt[3]{\frac{Q}{\xi E \gamma n}}$$

Os valores de ξ e E são considerados em cada caso particular.

c) *Valores de μ_1 e μ_2*

Podem tomar os valores indicados para μ no quadro XV.

I — Resolvido o problema de um modo aproximado, estuda-se a resolução definitiva fazendo K = 1,2.

Esta resolução não pode ser estudada de uma maneira geral porque é diferente consoante os transportadores. Estes podem classificar-se em dois tipos:

— Transportadores de caixa fixa (parafusos transportadores ou sem-fins).
— Transportadores de caixa rotativa (tubos transportadores).

II PARTE

PARAFUSOS TRANSPORTADORES (SEM-FINS)

A — Descrição

Neste caso, o helicóide está fixado sobre um veio que lhe transmite o movimento (fig. 52).

Este veio está assente em duas chumaceiras terminais e várias chumaceiras interme-

diárias As chumaceiras extremas são chumaceiras de impulso destinadas a suportar o impulso devido à resistência do movimento do produto. O movimento é transmi-

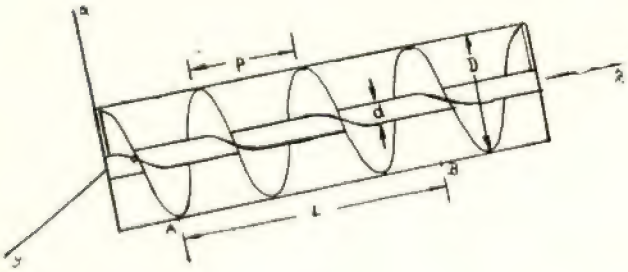


Fig. 52

tido por um sistema de engrenagens cónicas.

Limites de aplicação destes transportadores.

$Q = 1.000$ a 100.000 kg/hora

$\alpha < 20°$ (1)

$D = 0{,}1$ a 1 m (a determinar por cálculo)

B — Cálculo

I — *Cálculo aproximado*

a) *Valor de n*

Em geral n varia entre 50 a 120, sendo os valores mais elevados correspondentes às capacidades menores. Para estabelecer uma ordem de grandeza do valor de n, pode utilizar-se a expressão

$$n = 40 + \frac{65}{\sqrt{\frac{Q}{7}}}$$

b) *Valores de P, D e p*

Os valores de E e ξ são dados no quadro XVIII.

(1) O valor de α pode ser superior chegando a atingir 90°, para pequenas cargas ($Q < 20.000$ kg/h) e pequenas distâncias ($L < 6$ m).

QUADRO XVIII

Dimensões	E	ξ
Grandes transportadores . .	0,25	0,7
Pequenos transportadores. .	0,35	0,8

II — *Cálculo definitivo*

a) *Peso do veio*

O veio trabalha à flexão e torsão.

O momento de flexão é tanto maior, quanto maior for o comprimento do veio; por isso, o número de chumaceiras intermediárias é determinado de modo que esse momento seja inferior a determinado valor.

Esse valor é fixado de modo a que a flecha no veio não exceda, aproximadamente, 1 por cento do diâmetro D.

Como se sabe (1), a flecha máxima, no caso duma viga simplesmente apoiada submetida a uma carga uniformemente distribuida é

$$f = \frac{5\,p\,l^4}{384\,E\,I}$$

Como o grau de enchimento não excede 0,35 pode supor-se que, pràticamente, todo o produto a transportar está situado abaixo do veio e, portanto p é ùnicamente o peso do veio e do helicóide por metro linear. Os valores de p e I, dependem das dimensões do veio e portanto, não se pode fazer a determinação de l directamente.

Por isso, o caminho mais cómodo a seguir é o seguinte:

Calcula-se o diâmetro d do veio a partir do esforço de torsão, admitindo uma carga de segurança inferior à habitual; a partir de d, determina-se p e I e com estes valores calcula-se l, pela equação

$$\frac{5\,p\,l^4}{384\,E\,I} = 0{,}01\,D$$

(1) Resistência de materiais — Flexão.

Cálculo à torsão

A fórmula de resistência à torsão é [1]

$$\Theta = Mt \frac{r}{I_p},$$

em que Θ representa a carga de segurança ao corte.

Como já se viu

$$Mt = 716{,}2 \frac{N}{n} = 716{,}2 \frac{KN'}{n} \text{ kg m} =$$

$$= 71620 \frac{KN'}{n} \text{ kg cm}. \text{ [2]}$$

Como a secção é uma coroa circular de diâmetros, externo e interno, respectivamente, d e d_1, será

$$r = \frac{d}{2}$$

$$I_p = \frac{\pi}{32}(d^4 - d_1^4)$$

Fazendo $d_1 = \beta\, d$, será

$$\frac{r}{I_p} = \frac{d}{\frac{\pi}{16} d^4 (1 - \beta^4)} = \frac{16}{\pi\, d^3 (1 - \beta^4)}$$

Portanto,

$$\Theta = \frac{365.000\, KN'}{n\, d^3 (1 - \beta^4)}, \text{ ou}$$

$$d = 71{,}5 \sqrt[3]{\frac{K\, N'}{n\, \Theta\, (1 - \beta^4)}} \text{ (expresso em cm)}$$

Mas o valor máximo de β varia entre 0,3 (para transportadores pequenos) e 0,15 (para transportadores grandes) e portanto o termo β^4 é sempre desprezível em relação a 1.

Os valores de Θ que se utilizam são dados no quadro XIX

[1] Resistência de materiais — Torsão.

[2] N' deve ser afectado do coeficiente k_t, da página 953.

QUADRO XIX

Material de veio	Θ
Aço macisso	600 kg/cm²
Ferro forjado macisso.	400 kg/cm²
Tubo de ferro forjado.	300 kg/cm²

b) *Peso do helicóide*

O peso por metro será

$$p_h = e_1\, S_1\, \gamma_1,$$

em que e_1, S_1 e γ_1 representam respectivamente a espessura, a área e peso específico do helicóide.

O valor de e_1 varia entre 0,003 a 0,005 m.

$$S_1 = \frac{S_2}{p}, \text{ sendo } S_2 \text{ o peso de uma espira}$$

Como se sabe [1]

$$S_2 = \iint_A \sqrt{1 + p^2 + q^2}\, dx\, dy,$$

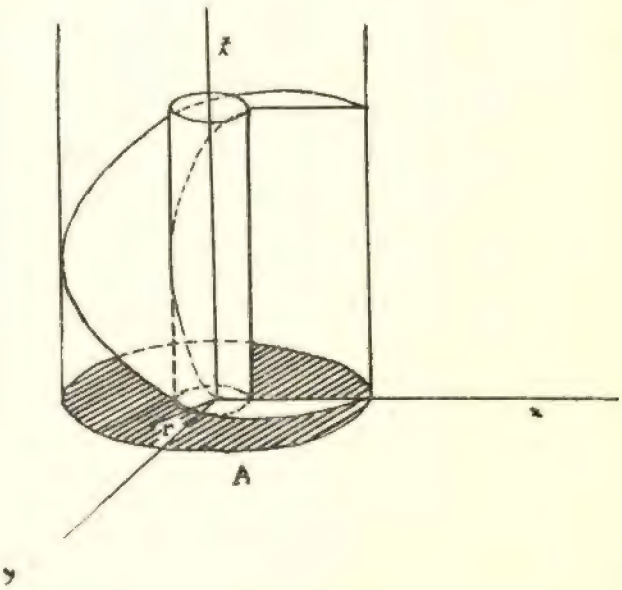


Fig. 53

sendo A a projecção da espira sobre o plano x0y (fig. 53).

[1] Cálculo Integral — Área de superfícies no espaço.

Como já se viu

$$\sqrt{1+p^2+q^2}=\sqrt{1+\frac{p^2}{4\pi^2 r^2}}=\frac{\sqrt{4\pi^2 r^2+p^2}}{2\pi r}$$

Fazendo a integração em coordenadas semi-polares (1)

$$S_2=\iint\sqrt{\frac{4\pi^2 r^2+p^2}{2\pi r}}\,.\,r\,dr\,d\vartheta=$$

$$=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}d\vartheta\int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}}\sqrt{4\pi^2 r^2+p^2}\,dr=$$

$$=\frac{2\pi}{2\pi}\Big|_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}}\sqrt{4\pi^2 r^2+p^2}\,dr=\Big[r\sqrt{4\pi^2 r^2+p^2}+$$

$$+\frac{p^2}{2\pi}\log\left(2\pi r+\sqrt{4\pi^2 r^2+p^2}\right)\Big]_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}}=\quad (2)$$

$$=\frac{1}{2}\left(D\sqrt{\pi^2 D^2+p^2}-d\sqrt{\pi^2 d^2+p^2}\right)+$$

$$+\frac{p^2}{2\pi}\log\frac{\pi D+\sqrt{\pi^2 D^2+p^2}}{\pi d+\sqrt{\pi^2 d^2+p^2}}=$$

$$=\frac{1}{2}\left(D\sqrt{\pi^2 D^2+p^2}-d\sqrt{\pi^2 d^2+p^2}\right)+$$

$$+\frac{2{,}36\ p^2}{2\pi}\log_{dec}\frac{\pi D+\sqrt{\pi^2 D^2+p^2}}{\pi d+\sqrt{\pi^2 d^2+p^2}}$$

Calculado p_h a partir deste valor tem-se finalmente

$$P_1=p+p_h$$

A partir deste valor verifica-se :

1 — Se a flecha não excede 1 % de D, isto é

$$\frac{5\,P_1\,e^4}{384\,E\,I}<0{,}01\ D\,,$$

sendo

$$E=300.000\ \ Kg/cm^2$$

e

$$I=\frac{\pi}{64}\left(d^4-d_1^4\right)=\frac{\pi d^4\,(1-\beta^4)}{64}\sim\frac{\pi d^4}{64}$$

(1) Cálculo Integral — Integrais múltiplos.

(2) Problemas de Cálculo Integral — Integrais indefinidos.

2 — Se a secção do veio resiste aos esforços combinados de flexão e torsão, utilizando a expressão já conhecida

$$f=\frac{v}{I}\left[\frac{3}{8}M+\frac{5}{8}\sqrt{M^2+M_t^2}\right]=$$

$$=\frac{4}{\pi d^3}\left[3\,M+5\sqrt{M^2+M_t^2}\right],$$

sendo

$$M=\frac{P_1\,l^2}{8}\ Kgm$$

e

$$M_t=716{,}2\,\frac{K\,N'}{n}\ Kgm$$

Como no caso dos transportadores de correia M e M_t devem ser afectados dos coeficientes k e k_t (ver pág. 953).

A fadiga f tem os valores habituais para o corte.

c) *Atritos*

Há a considerar duas espécies de atrito.

1 — *Atrito dos veios nas chumaceiras:*

Corresponde a uma força tangente ao veio de valor

$$F_1=f_1\,P_1\,L_1\,,$$

em que f_1 tem o valor indicado na nota do Quadro II.

A potência correspondente a esta força será

$$N_1=\frac{1}{75}\,F_1\,\frac{d}{2}\,\omega=\frac{\pi F_1\,n\,d}{75\times 60}=\frac{\pi f_1\,P_1\,n\,d}{4500}$$

2 — *Atrito de escorregamento nas chumaceiras de impulso*

Com se sabe (1) o atrito numa chumaceira de impulso dá origem a um momento

$$\mathfrak{M}_2=\frac{1}{4}\,f_2\,F\,d\,,$$

em que f_2 tem o valor indicado na nota do Quadro II, sendo F a força paralela ao eixo de rotação.

(1) Problemas de Mecânica Racional — Atrito.

É mais cómodo, porém, neste caso, estabelecer

$$\mathfrak{M}_2 = f_2 \, \mathfrak{M}$$

e, portanto, a potência correspondente será

$$N_2 = f_2 N' = \frac{f_2 P L p n}{4500} \left(\operatorname{sen} \alpha + \mu_1 \cos \alpha \right) \times$$

$$\times \left(1 + \mu_2 \frac{0{,}75 \, p n D}{p} \right)$$

d) *Resolução definitiva*

A potência total será

$$N = N' + N_1 + N_2 =$$

$$= \frac{np}{4500} \left[PL (\operatorname{sen} \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \left(1 + \mu_2 \frac{0{,}75 \, \pi D}{p} \right) \right.$$

$$\left. (1 + f_2) + \frac{\pi f_1 P_1 L_1 d}{p} \right] =$$

$$= \frac{QL}{270000} (\operatorname{sen} \alpha + \mu_1 \cos \alpha) \left(1 + \mu_2 \frac{0{,}75 \, \pi D}{p} \right)$$

$$(1 + f_2) + \frac{\pi f_1 P_1 L_1 nd}{4500}$$

e) *Sistema de carga e descarga*

Ver transportadores de pás.

f) *Potência do motor a empregar*

$$N m = \frac{N}{\eta} \text{ (ver pág. 948).}$$

***

O cálculo apresentado é feito, como vimos, a partir dos coeficientes de atrito da substância a transportar sobre a caixa e sobre o helicóide. No entanto, as resistências ao movimento são em maior número, mais complexas e não são susceptíveis de se traduzirem numèricamente. Essas resistências são as seguintes:

1.ª — Esmagamento das partículas entre o helicóide e a caixa, quando o produto a transportar é freável.

2.ª — Escorregamento das partículas, umas sobre as outras.

3.ª — Diminuição da secção na passagem junto às chumaceiras intermediárias.

Conclui-se deste modo que o cálculo efectuado dá, necessàriamente, valores baixos para a potência, chegando os valores reais a exceder os valores achados em 30 % e mesmo em 50 % para transportadores de pequena capacidade.

Por isso os resultados achados, devem ser acrescidos em média de 20 a 30 %.

III PARTE

TUBOS TRANSPORTADORES

A — Descrição

Neste caso a caixa é móvel e o helicóide é fixado sobre ela (fig. 54).

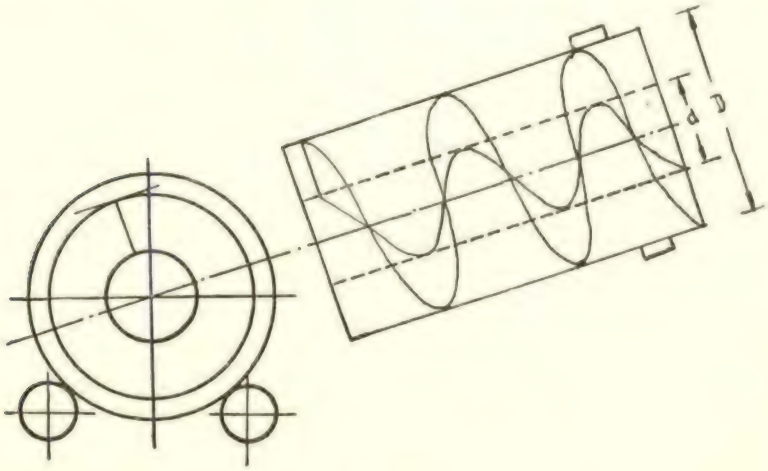


Fig. 54

O movimento é comunicado por intermédio de um carreto que accionam uma roda dentada que envolve a caixa.

Limites de aplicação e dimensões usuais

$Q = 2.000$ a 50.000 kg/hora.
$\alpha < 10^{\circ}$.
$D = 0{,}2$ a $0{,}6$ metros (a determinar por cálculo).

B — Cálculo

I — *Cálculo aproximado*

a) *Valor de n*

Como a caixa é móvel com o produto a transportar o valor de n é determinado de modo que a força centrífuga não obrigue o produto a ser arrastado pela caixa, isto é,

$$\omega^2 \frac{D}{2} < g$$

ou

$$\frac{4\,\pi^2\,n^2}{3600}\,\frac{D}{2} < g\,,$$

de onde se tira

$$n < \frac{42{,}3}{\sqrt{D}}$$

A prática demonstra que o valor mais aconselhável para n é metade deste valor, ou seja

$$n = \frac{21}{\sqrt{D}}$$

b) *Valores de P, D e p*

Como no caso dos parafusos transportados, será

$$P = \frac{Q}{60\ pn}\,,\ e$$

$$Q = 15\ \xi\ E\ \gamma\ n\ D^3$$

Atendendo, porém, à expressão de n será

$$Q = 15 \times 21\ \xi\ E\ \gamma\ \frac{D^3}{\sqrt{D}}$$

$$D = \sqrt[5]{\frac{1}{10^5}\left(\frac{Q}{\xi E \gamma}\right)^2} = 0{,}1\sqrt[5]{\left(\frac{Q}{\xi E \gamma}\right)^2}\ \text{(em metros)}$$

Os valores de ξ e E são dados pelo Quadro XX

QUADRO XX

Dimensões do transportador	ξ	E
Grandes transportadores	0,5	0,25
Pequenos transportadores . .	0,5	0,35

II — *Cálculo definitivo.*

a) *Peso da caixa*

Será

$$P_c = e_1\ S_1\ \gamma\,,$$

sendo

$$e_1 = 0{,}003 \text{ a } 0{,}005 \text{ m}$$

e

$$S_1 = \pi\ D\ L_1$$

b) *Peso do helicóide*

O cálculo efectua-se como no caso dos parafusos transportadores e tem-se, em geral

$$d = 0{,}4\ D$$

c) *Atritos*

1 — *Atritos dos veios sobre as chumaceiras*

Análogo ao dos parafusos transportadores.

2 — *Atrito nas chumaceiras de impulso*

Análogo ao dos parafusos transportadores.

d) *Resolução definitiva*

Análogo ao dos parafusos transportadores.

e) *Sistema de carga e descarga*

1 — *Carga*

Faz-se numa extremidade pelo centro do tubo.

2 — *Descarga*

Se esta se efectua na extremidade, faz-se pelo centro do tubo; se se efectua num ponto intermediário, faz-se por dois orifícios diametralmente opostos, existentes na caixa, os quais despejam o produto em cada meia volta.

f) *Potência do motor a empregar*

Análoga à dos parafusos transportadores.

***

O cálculo é mais exacto do que para os parafusos transportadores, porque não há chumaceiras intermediárias que representem resistência ao movimento; no entanto, o arrastamento do produto, devido à força centrífuga e a sua queda, determinam também um aumento de potência. Por esta razão, convém manter o coeficiente de 30 a 50 %.

CAPÍTULO IV

Transportadores oscilatórios

O transporte de uma partícula sólida obtém-se pelo movimento oscilatório de um tabuleiro sobre o qual a partícula assenta. Durante a parte da oscilação em que o sentido do movimento do tabuleiro coincide com o sentido de transporte, dá-se o arrastamento da partícula devido à força de atrito existente no ponto de contacto; durante o percurso inverso do tabuleiro, para que a partícula não seja arrastada por ele, é preciso que a sua força de inércia seja suficiente para se opor à solicitação do atrito no sentido inverso do sentido de transporte.

O problema pode resolver-se de dois modos distintos:

1.º — Diminuir o valor da força de atrito no percurso inverso (transportadores de pressão variável).

2.º — Manter esta força constante, mas conseguir uma força de inércia de valor elevado (transportadores de pressão constante).

I PARTE

TRANSPORTADORES DE PRESSÃO VARIÁVEL

Estes transportadores utilizam-se para capacidade de 3.000 a 60.000 kg por hora e para pequenos ângulos de transporte; por esta última razão, faremos o estudo só para o caso da direcção de transporte ser horizontal.

O transportador é constituído por um tabuleiro paralelo a uma base fixa à qual está ligada por barras rígidas que formam com a vertical um ângulo α, cuja variação é pequena durante a oscilação. O movimento do tabuleiro obtém-se por um mecanismo vulgar de viela-manivela (fig. 55).

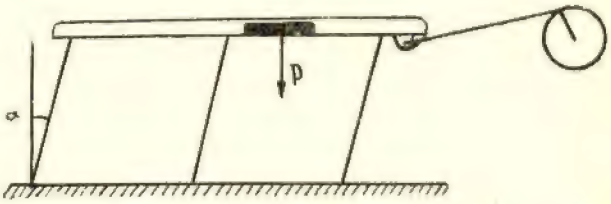


Fig. 55

A primeira parte do problema consiste no estudo do movimento do tabuleiro (movimento do lado AB) que é o movimento de uma figura plana no seu plano (1) fig. 56.

No curso actual do Problema de Mecânica Racional (2), este problema é resolvido, chegando-se à expressão

$$- d\,(a \operatorname{sen} \varphi\, \varphi' + b \operatorname{sen} \Psi \Psi') =$$
$$= a\,b\,[\operatorname{sen}(\varphi - \Psi)\,\Psi' + \operatorname{sen}(\Psi - \varphi)\,\varphi'],$$

em que Ψ representa o ângulo entre AB e O_1C.

Neste caso tem-se

$$a = c$$
$$b = c$$
$$\Psi = 0$$

(1) Mecânica Racional — Movimentos cicloidais.

(2) Problema 309. Este problema é um caso mais geral do que se está a considerar porque a, b, c, e d são diferentes (fig, 57).

A expressão anterior transforma-se na seguinte

$$-ab \operatorname{sen} \varphi \, \varphi' = ab \operatorname{sen} \varphi \, \Psi' - ab \operatorname{sen} \varphi \, \varphi' ,$$

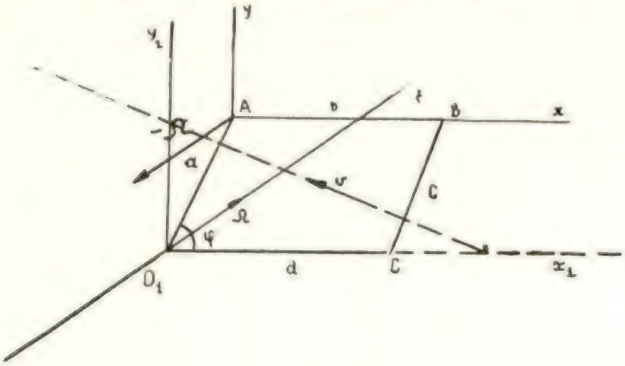


Fig. 56

de onde se tira

$$\Psi' = 0$$

Como Ψ' representa a velocidade angular da recta AB, este resultado significa que o movimento é uma translação. Mas, como se sabe [1], uma translação é equivalente a duas rotações iguais e opostas Ω e $-\Omega$ que, neste caso, são perpendiculares ao plano $x_1 O y_1$ e estão aplicadas respectivamente, em O_1 e A (fig. 56).

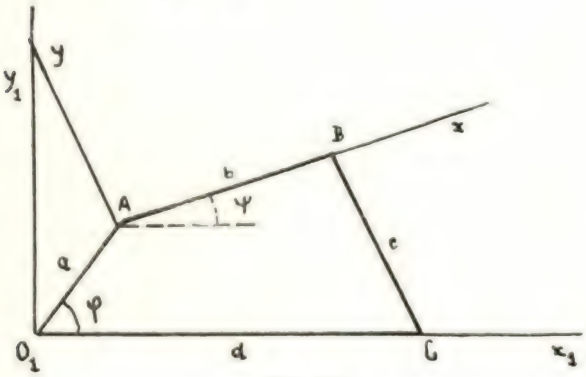


Fig. 57

A velocidade de translação dos pontos de AB é o momento do conjugado $(\Omega, -\Omega)$ em relação a qualquer ponto do espaço, por exemplo, A:

$$v = \Omega \wedge (A - O_1) = \begin{vmatrix} I & J & K \\ 0 & 0 & \Omega \\ a \cos \varphi & a \operatorname{sen} \varphi & 0 \end{vmatrix} =$$

$$= \Omega \, a \, (- \operatorname{sen} \varphi \, I + \cos \varphi \, I)$$

[1] Mecânica Racional — Movimentos relativos.

Por definição de produto externo v é perpendicular a $(A - O_1)$ $[v \mid (A - O_1) = 0]$ e, portanto, em cada instante, a translação efectua-se numa direcção perpendicular a O_1 A (fig. 56).

A aceleração a recta AB, terá, também, a mesma direcção.

A segunda parte do problema consiste em relacionar este movimento com o movimento da biela (fig. 57).

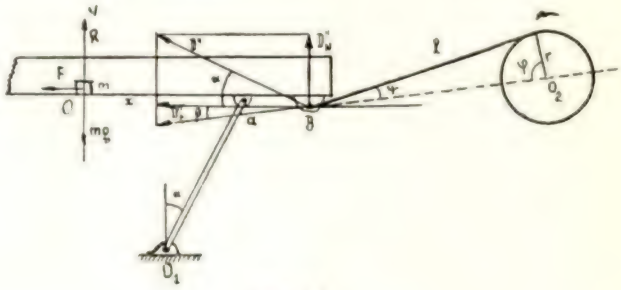


Fig. 58

Como se sabe [1] a velocidade e a aceleração do ponto D, por efeito do movimento da biela são, em cada instante dirigidas segundo o segmento DO e têm respectivamente os valores

$$v = v \left(\operatorname{sen} \varphi \pm \frac{r}{2l} \operatorname{sen} 2\varphi \right)$$

$$a = \frac{v^2}{r} \left(\cos \varphi \pm \frac{r}{l} \cos 2\varphi \right)$$

As suas componentes, na direcção paralela á base do tabuleiro, serão

$$D_t' = v \left(\operatorname{sen} \varphi \pm \frac{r}{2l} \operatorname{sen} 2\varphi \right) \cos \beta$$

$$D_t'' = \frac{v^2}{r} \left(\cos \varphi \pm \frac{r}{l} \cos 2\varphi \right) \cos \beta$$

Por outro lado, como vimos, a velocidade e a aceleração do ponto D considerado como pertencendo ao tabuleiro têm a direcção normal à barra O_1 A e terão as grandezas D' e D''.

Como D pertence, simultâneamente, ao tabuleiro e à biela, as projecções das velo-

[1] Problemas de Mecânica Racional — Estudo do mecanismo da biela e manivela (prob. 305).

cidades e acelerações sobre a direcção paralela à base do tabuleiro, serão respectivamente iguais:

$$D_t' = D' \cos\alpha = v \left(\operatorname{sen}\varphi \pm \frac{r}{2l} \operatorname{sen} 2\varphi\right) \cos\beta$$

$$D_t'' = D'' \cos\alpha = \frac{v^2}{r} \left(\cos\varphi \pm \frac{r}{l} \cos 2\varphi\right) \cos\beta$$

Na prática, como já se disse, o ângulo de oscilação é muito pequeno; por consequência, o deslocamento dos tabuleiros segundo a vertical é pequeno e, portanto $\beta \sim 0$ ou $\cos\beta \sim 1$. Por outro lado, o comprimento da biela l, é muito grande em relação a r ($l \sim 40\ r$ a $50\ r$) e, portanto, os termos $\frac{r}{2l} \operatorname{sen} 2\varphi$ e $\frac{r}{l} \cos 2\varphi$ podem desprezar-se.

Ficará pois

$$D' \cos\alpha = v \operatorname{sen}\varphi$$

$$D'' \cos\alpha = \frac{v^2}{r} \cos\varphi$$

As componentes verticais da velocidade e da aceleração, serão

$$D'_N = D' \operatorname{sen}\alpha = v \operatorname{sen}\varphi \operatorname{tg}\alpha$$

$$D''_N = D'' \operatorname{sen}\alpha = \frac{v^2}{r} \cos\varphi \operatorname{tg}\alpha$$

A terceira parte do problema consiste em estudar o movimento de uma partícula de peso $P = mg$ situada no tabuleiro.

As forças que sobre ela actuam são o peso mg, a reacção de R e a força de atrito F de valor $F = fR$ (fig. 58).

As equações do movimento da partícula são:

$$\begin{cases} m \dfrac{d^2x}{dt^2} = fR \\[2ex] m \dfrac{d^2y}{dt^2} = -mg + R \end{cases}$$

Mas no movimento ascendente segundo o eixo Oy a partícula é solidária com o tabuleiro e, portanto,

$$\frac{d^2y}{dt^2} = D''_N = \frac{v^2}{r} \cos\varphi \operatorname{tg}\alpha$$

Logo,

$$R = m \left(\frac{v^2}{r} \cos\varphi \operatorname{tg}\alpha + g\right),$$

e, finalmente,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = f \left(\frac{v^2}{r} \cos\varphi \operatorname{tg}\alpha + g\right),$$

que é a equação do movimento da partícula segundo a direcção de transporte.

Finalmente, a quarta parte do problema consiste em estudar esta equação.

Como se sabe [1]

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv_1}{dt} = \frac{dv_1}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega \frac{dv^2}{d\varphi},$$

sendo ω a velocidade angular da manivela.

Substituindo, separando as variáveis e integrando, tem-se

$$\int dv_1 = \frac{f}{\omega} \int \left(\frac{v^2}{r} \cos\varphi \operatorname{tg}\alpha + g\right) d\varphi$$

$$v_1 = \frac{f}{\omega} \left(\frac{v^2}{r} \operatorname{sen}\varphi \operatorname{tg}\alpha + g\varphi\right) + C$$

Admitindo que, para $\varphi = o$, $v_1 = o$, vem $C = o$, e substituindo ω por $\frac{v}{r}$ será

$$v_1 = f \left(v \operatorname{sen}\varphi \operatorname{tg}\alpha + \frac{g\,r}{v} \varphi\right)$$

Enquanto a velocidade v_1 for inferior a D'_t é evidente que a força de atrito, tende a deslocar a partícula no sentido do transporte; mas logo que v_1 exceder D'_t a força de atrito actua em sentido inverso.

A igualdade de velocidades dá-se quando

$$v_1 = D'_t,$$

ou

$$f \left(v \operatorname{sen}\varphi \operatorname{tg}\alpha + \frac{g\,r}{v} \varphi\right) = v \operatorname{sen}\varphi$$

ou

$$\frac{\operatorname{sen}\varphi}{\varphi} = \frac{f\,g\,r}{v^2 (1 - f \operatorname{tg}\alpha)}$$

O valor de φ determina-se gràficamente, a partir do gráfico de $\frac{\operatorname{sen}\varphi}{\varphi}$, em função de φ (gráfico I).

---

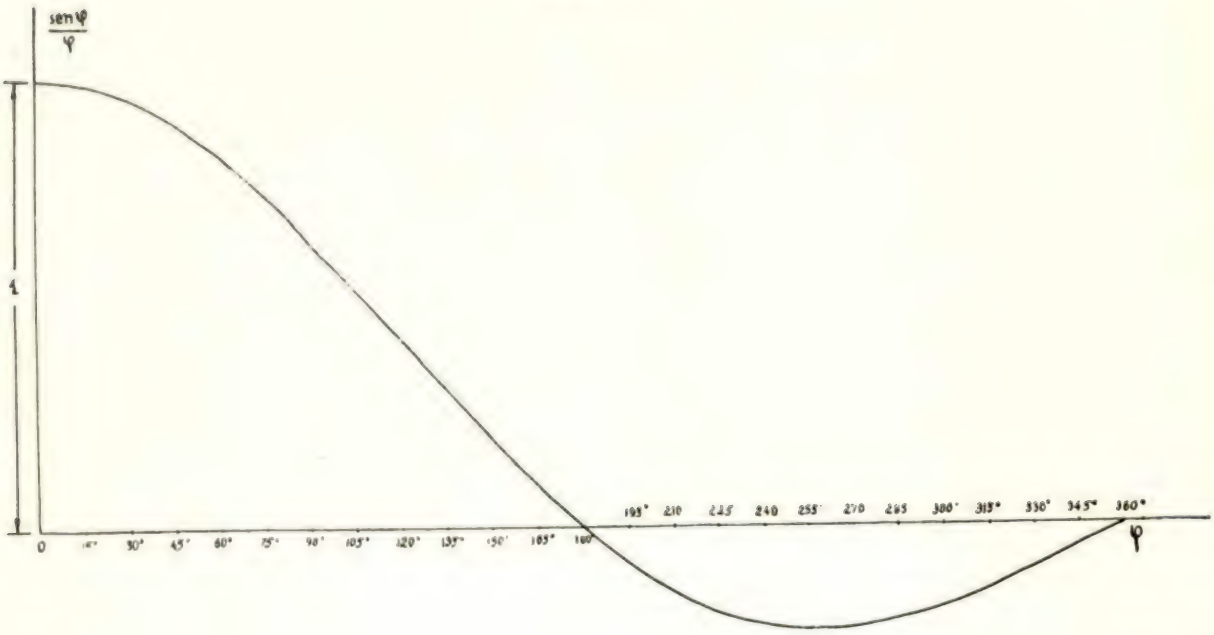
[1] Mecânica Racional — Dinâmica do ponto.

A este valor de φ que representaremos por φ_1 corresponde uma velocidade máxima que se designará por $v_{1máx.}$

ou,

$$\frac{\operatorname{sen}\varphi}{\varphi} - \frac{1}{\varphi}\,\frac{2\,v_{1máx.}}{f\,v\,\operatorname{tg}\alpha} = -\frac{g\,r}{v^2\,\operatorname{tg}\alpha}$$

GRÁFICO I



A partir deste momento, a equação do movimento será

$$m\,\frac{dx^2}{dt^2} = -\,f\,R\,,$$

e portanto

$$v_1 = -\frac{f}{\omega}\left(\frac{v^2}{r}\operatorname{sen}\varphi\,\operatorname{tg}\alpha + g\,\varphi\right) + C.$$

Para $\varphi = \varphi_1$, será $v_1 = v_{1máx}$; logo

$$C = v_{1máx.} + \frac{f}{\omega}\left(\frac{v^2}{r}\operatorname{sen}\varphi_1\,\operatorname{tg}\alpha + g\,\varphi_1\right) =$$

$$= v_{1máx.} + v_{1máx.} = 2\,v_{1máx.}$$

Finalmente

$$v_1 = 2\,v_{1máx.} - f\left(v\operatorname{sen}\varphi\,\operatorname{tg}\alpha + \frac{g\,r}{v}\,\varphi\right)$$

Esta velocidade vai diminuindo até se anular quando

$$f\left(v\operatorname{sen}\varphi\,\operatorname{tg}\alpha + \frac{g\,r}{v}\right) = 2\,v_{1máx.}\,,$$

A equação terá de ser resolvida gràficamente, construindo a curva da função $\frac{\operatorname{sen}\varphi}{\varphi} - \frac{1}{\varphi}\,\frac{2\,v_{1máx.}}{f\,v\,\operatorname{tg}\alpha}$. Esta curva terá o aspecto seguinte (gráfico II)

O valor de φ que representamos por φ_2, correspondente à posição em que a velocidade se anula, representa a posição a partir da qual a velocidade é negativa e a partícula se move na direcção oposta à do movimento.

Por outro lado para φ compreendido entre π e $2\,\pi$, a velocidade do tabuleiro é sempre negativa e haverá uma posição compreendida entre φ_2 e $2\,\pi$ em que as velocidades da partícula e do tabuleiro sejam iguais, o que se dá quando

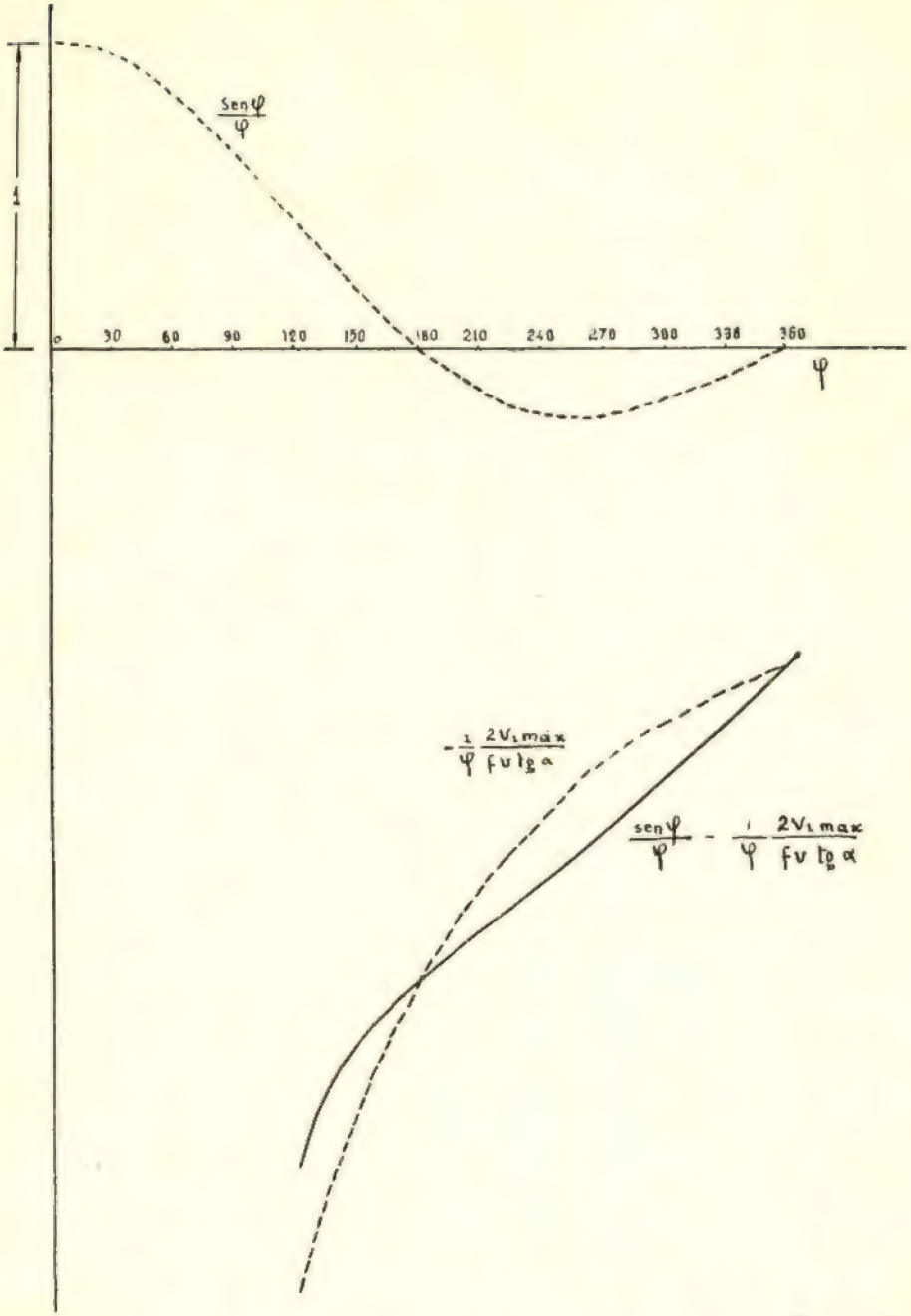
$$2\,v_{1máx.} - f\left(v\operatorname{sen}\varphi\,\operatorname{tg}\alpha + \frac{g\,r}{v}\,\varphi\right) = v\operatorname{sen}\varphi\,,$$

ou,

$$\frac{\operatorname{sen}\varphi}{\varphi} - \frac{1}{\varphi}\,\frac{v_{1máx.}}{v\,(1 + f\,\operatorname{tg}\alpha)} = -\frac{f\,g\,r}{v^2\,(1 + f\,\operatorname{tg}\alpha)}$$

equação análoga à anterior de onde se tira também gràficamente o valor de $\varphi = \varphi_3$,

GRÁFICO II



correspondente à igualdade de velocidades negativas entre o tabuleiro e a partícula. Esta velocidade comum será a velocidade mínima da partícula que representaremos por $v_{1min.}$ que será

$$v_{1min.} = 2\, v_{1máx.} - f\left(v \operatorname{sen} \varphi_3 \operatorname{tg} \alpha + \frac{gr}{v}\right)$$

A partir deste momento, a equação do movimento será de novo

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = f R\,,$$

ou, como já vimos

$$v_1 = f\left(v \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \alpha + \frac{gr}{v} \varphi\right) + C.$$

Para $\varphi = \varphi_3$, será $v_1 = v_{1min.}$ e portanto,

$$C = v_{1min.} - f\left(v \operatorname{sen} \varphi_3 \operatorname{tg} \alpha + \frac{g r}{v}\right) =$$

$$= 2\,(v_{1min.} - v_{1máx.})$$

Porantanto

$$v_1 = 2\,(v_{1min.} - v_{1máx.}) + f\left(v \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg}_2 + \frac{g r}{v} \varphi\right)$$

No fim da primeira oscilação será $\varphi = 2\pi$ e

$$v_1 = 2\,(v_{1min.} - v_{1máx.}) + \frac{2\pi f g r}{v}$$

Este valor de v_1 será, necessàriamente negativo, visto que a velocidade da caixa até $\varphi = 2\pi$ é negativa e a partícula arrastada por ela não pode tomar uma velocidade positiva visto que a partir de φ_2 é negativa. Representaremos v_1 para $\varphi = 2\pi$ por $-v_0$.

Considerando, agora a segunda oscilação e voltando a fazer variar φ entre 0 e 2π, ter-se-á, representando por v'_1 a velocidade da partícula na segunda oscilação

$$v'_1 = f\left(v \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \alpha + \frac{g r}{v} \varphi\right) - v_0,$$

visto que para $\varphi = 0$ será $v_1 = -v_0$.

A velocidade da partícula terá valores inferiores aos da primeira oscilação e, portanto

$$v'_{1máx.} < v_{1máx.},$$

e como

$$v'_{1máx.} = v \operatorname{sen} \varphi'_1,$$

será

$$\varphi'_1 > \varphi_1$$

visto que, φ_1 é sempre um ângulo do segundo quadrante.

Para a determinação de φ'_2, deve notar-se que o termo

$$-\frac{1}{\varphi}\,\frac{2\,v'_{1máx.}}{f\,v \operatorname{tg} \alpha},$$

representa uma curva cujas ordenadas são menores em valor absoluto do que o termo correspondente na primeira oscilação, o mesmo acontecendo à curva

$$\frac{\operatorname{sen} \varphi}{\varphi} - \frac{1}{\varphi}\,\frac{2\,v'_{1máx.}}{f\,v \operatorname{tg} \alpha}$$

Como o termo $-\dfrac{g r}{v^2 \operatorname{tg} \alpha}$ se mantém constante, isso significa que φ'_2 se encontra à esquerda de φ_2.

Pela mesma razão, φ'_3 se encontra à esquerda de φ_3 e, portanto $v'_{1min.} < v_{1min.}$, porque

$$v'_{1min.} = v \operatorname{sen} \varphi'_3$$

Deste modo será $|v'_0| > |v_0|$ e a primeira parte da 3.ª oscilação efectua-se com a velocidade

$$v''_1 = f\left(v \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \alpha + \frac{g r}{v} \varphi\right) - v'_0$$

O raciocínio continua do mesmo modo, de modo que φ_1 é crescente, φ_2 e φ_3 são decrescentes e v_0 cresce em valor absoluto. Mas o valor absoluto de v_0 é sempre inferior a v e, por isso v_0 não pode crescer indefinidamente e tenderá para um determinado limite $v_0^{(n)}$, a cujo valores corresponderão os valores limite de φ_1, φ_2, e φ_3 e de v_{1max} e de v_{1min} que serão respectivamente $\varphi_1^{(n)}$, $\varphi_2^{(n)}$, $\varphi_3^{(n)}$, $v_{1max}^{(n)}$ e $v_{1min}^{(n)}$.

Atingir-se-á, assim o estado de regime, o que aliás se consegue na quarta ou quinta oscilação.

A velocidade da partícula é definida pela sua velocidade média, isto é, pela velocidade que teria se percorresse o mesmo espaço com velocidade uniforme, no mesmo tempo.

O espaço percorrido será avaliado a partir de v_1

$$v_1 = \frac{d e}{d t} = \frac{d e}{d \varphi} \cdot \frac{d \varphi}{d t} = \omega \frac{d e}{d \varphi} = \frac{v}{r}\,\frac{d e}{d \varphi}$$

Portanto

$$e = \frac{r}{v} \int_0^{2\pi} v_1 \, d\pi =$$

$$= \frac{r}{v} \left\{ \int_0^{\varphi_1} \left[f\left(v \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \alpha + \frac{g r}{v} \varphi\right) - v_0^{(n)} \right] d\varphi + \right.$$

$$+ \int_{\varphi_1}^{\varphi_3} \left[2\, v_{1máx.}^{(n)} - f\left(v \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \alpha + \frac{g r}{v} \varphi\right) \right] d\varphi +$$

$$+ \int_{\varphi_3}^{2\pi} \left[2\left(v_{1min.}^{(n)} - v_{1máx}^{(n)}\right) + \right.$$

$$\left. + f\left(v \operatorname{sen} \varphi \operatorname{tg} \alpha + \frac{g r}{v} \varphi\right) \right] d\varphi$$

O tempo de uma oscilação é

$$t = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v}$$

Portanto

$$v_m \overset{(1)}{=} \frac{\int_0^{2\pi} v_1 \, d\varphi}{2\pi},$$

conclusão a que se chegava, também pela aplicação do teorema da média (2).

Das considerrções feitas se conclui que há vantagem em que o ângulo φ_2 seja tão próximo de 2π quanto possível e, portanto, fazendo $\varphi_2 \sim 2\pi$, a equação a partir da qual φ_2 foi determinado, transformar-se-á na seguinte:

$$-\frac{2\, v_1 \text{ máx.}}{2\pi f v \operatorname{tg}\alpha} \sim -\frac{g r}{v^2 \operatorname{tg}\alpha}$$

Mas,

$$v_1 \text{ máx.} = v \operatorname{sen}\varphi_1$$

Logo

$$v^2 \operatorname{sen}\varphi_1 \sim \pi f g r$$

Por outro lado, da equação que dá φ_1 tira-se

$$v^2 \operatorname{sen}\varphi_1 = \frac{f g r \varphi_1}{1 - f \operatorname{tg}\alpha}$$

Igualando as duas expressões, tem-se

$$\pi f g r \sim \frac{f g r \varphi_1}{1 - f \operatorname{tg}\alpha}, \text{ ou}$$

$$\varphi_1 \sim (1 - f \operatorname{tg}\alpha)\pi$$

Portanto

$$\frac{v^2}{r} \sim \frac{\pi f g}{\operatorname{sen}\varphi_1} \sim \frac{\pi f g}{\operatorname{sen}(1 - f \operatorname{tg}\alpha)\pi} \quad (3)$$

Para f podem tomar-se os valores de μ do quadro XV.

(1) Em geral v_m oscila entre 0,10 a 0,20 m/seg.

(2) Cálculo integral — Integração.

(3) Deve verificar-se se a reacção sobre o tabuleiro nunca toma valores negativos, isto é, que a partícula não tem tendência a abandonar o tabuleiro.

Em todos os casos, terá de ser

$$R > o \text{ ou } m\left(g + \frac{v^2}{r}\cos\varphi \operatorname{tg}\alpha\right) > o, \text{ quando } \cos\varphi = -1$$

Portanto

$$g - \frac{v^2}{r}\operatorname{tg}\alpha > o \quad \text{ou} \quad \frac{v^2}{r} < \frac{g}{\operatorname{tg}\alpha}$$

O ângulo α varia entre 16° e 20° e não há nenhum critério de escolha.

Determinado $\frac{v^2}{r}$, pode determinar-se v a partir de r, que na prática, toma valores compreendidos entre 0,010 m a 0,025 m, consoante as capacidades de transporte.

A partir de v, calcula-se v_m e as dimensões do transportador.

Será

$$\frac{Q}{3600} = B \text{ e } v_m \gamma,$$

em que B e e representam, respectivamente a largura e a altura da carga.

Os valores de e são dados no quadro XXI.

QUADRO XXI

Natureza dos produtos	e em metros
Materiais pulverulentos. . . .	0,20 a 0,3
Materiais em pequenos bocados	0,4 a 0,6
Materiais em grandes bocados	0,7

O valor de B, determina-se a partir da expressão

$$B = \frac{Q}{3600 \text{ e } v_m \gamma}$$

Resta só determinar a potência a empregar, a qual se compõe de duas partes.

1 — *Potência necessária para o escorregamento da partícula sobre o tabuleiro*

O trabalho elementar é

$$d\tau_1 = \pm f R \, ds = \pm f R \, v_r \, dt =$$

$$= \pm \frac{1}{\omega} f R \, v_r \, d\varphi = \pm \frac{r}{v} f R \, v_r \, d\varphi, \quad (1)$$

em que v_r representa a velocidade do tabuleiro em relação às partículas.

Como se sabe (2)

$$v_r = v_a - v_t,$$

(1) O sinal $\pm$ significa que f R pode variar de sentido. Assim será $+ f R$ de O a φ_1 e φ_3 a 2π; e será $- f R$ entre φ_1 e φ_3.

(2) Mecânica Racional — Movimentos relativos.

em que v_a é a velocidade absoluta do tabuleiro e v_t a velocidade de transporte da partícula.

Será, portanto

$$v_a = v \operatorname{sen} \varphi$$

$$v_t = v_1$$

Portanto, e atendendo que $\varphi_3 \sim 2\pi$

$$\tau_1 \sim \frac{f\,r}{v}\left[\int_0^{\varphi_1} (R\,v \operatorname{sen} \varphi - R\,v_1)\,d\varphi - \int_{\varphi_1}^{2\pi} (R\,v \operatorname{sen} \varphi - R\,v_1)\,d\varphi\right]$$

Mas,

$$R = m\left(g + \frac{v^2}{r} \cos \varphi \operatorname{tg} \alpha\right),$$

e, portanto, a função $R(\varphi)$ é simétrica em relação à recta $\varphi = \pi$ e aproximadamente simétrica em relação à recta $\varphi = \varphi_1$.

Por outro lado, a função $v_1(\varphi)$ é aproximadamente simétrica em relação à recta $\varphi = \varphi_1$ e a função $\operatorname{sen} \varphi$ é simétrica em relação ao ponto $(\pi, 0)$.

Nestas condições, $R\,v \operatorname{sen} \varphi$ no intervalo $(0, \varphi_1)$, é aproximadamente igual a $-R\,v \operatorname{sen} \varphi$ no intervalo $(\varphi_1, 2\pi)$ e $R\,v_1$, no intervalo $(0, \varphi_1)$, é aproximadamente igual a Rv_1 no intervalo $(\varphi_1, 2\pi)$.

Portanto,

$$\tau_2 \sim \frac{fr}{v}\int_0^{\varphi_1} 2\,R\,v \operatorname{sen} \varphi\,d\varphi$$

Mas, como vimos,

$$\varphi_1 \sim (1 - f \operatorname{tg} \alpha)\,\pi$$

e, portanto

$$\varphi_1 \sim \pi$$

Finalmente

$$\tau_1 \sim 2\,fr\int_0^{\pi} m\left(g + \frac{v^2}{r} \cos \varphi \operatorname{tg} \alpha\right) \operatorname{sen} \varphi\,d\varphi$$

ou

$$\tau_1 = 4\,f\,mg\,r$$

A carga total existente sobre o tabuleiro será PL, representando por P a carga por metro.

Será

$$PL = B\,e\,\gamma L = \frac{Q\,L}{3600\,v_m}$$

O trabalho para arrastar esta carga por rotação será

$$\tau_1 = \frac{4\,f\,Q\,L\,r}{3600\,v_m}$$

E, como τ_1 corresponde a um ângulo de rotação igual a 2π, a potência será o trabalho correspondente a um ângulo ω.

Portanto

$$N_1 = \frac{\omega}{2\pi}\,\frac{4\,f\,Q\,L\,r}{75 \times 3600\,v_m} = \frac{2\,f\,Q\,L\,r}{270.000\,v_m} = \frac{k\,Q\,L}{270}$$

sendo

$$k = \frac{2\,f\,v}{1000\,\pi\,v_m}$$

2 — *Potência para vencer a força de inércia do tabuleiro*

Pelo teorema das forças vivas sabe-se que a variação de energia cinética é igual ao trabalho realizado.

Representando, como no caso anterior, por v_a a velocidade do tabuleiro, será

$$\frac{1}{2}\,\frac{P_t}{g}\,(v_a^2 - v_{a_0}^2) = \tau_2$$

No primeiro quarto da volta será

$$\tau_2 = \frac{P_t}{2\,g}\,v^2$$

No segundo quarto

$$\tau_2 = -\frac{P_t}{2\,g}\,v^2$$

No terceiro quarto

$$\tau_2 = \frac{P_t}{2\,g}\,v^2$$

No quarto quarto

$$\tau_2 = -\frac{P_t}{2\,g}\,v^2$$

Vê-se, assim, que o trabalho total é nulo. Verifica-se, porém, na prática, que o trabalho negativo é utilizado para vencer os atritos e provocar vibrações nas fundações.

Portanto, por oscilação ter-se-á de contar com um trabalho

$$\tau_2 = \frac{P_t}{g} v^2$$

A potência será

$$N_2 = \frac{1}{75} \cdot \frac{\omega}{2\pi} \frac{P_t}{g} v^2 = \frac{P_t v^3}{150 \pi g r} = k' P_t,$$

sendo $k' = \frac{v^3}{150 \pi g r}$, e P_t calculado a partir das dimensões do tabuleiro que é constituído por uma chapa de ferro de expessura compreendida entre 0,001 m e 0,004 m consoante a densidade do produto e a largura do tabuleiro.

Portanto,

$$N = N_1 + N_2 = \frac{k Q L}{270} + k' P_t$$

II PARTE

TRANSPORTADORES DE REACÇÃO FIXA

O estudo destes transformadores é muito especializado e sai do âmbito dos problemas que temos estado a resolver.

CAPÍTULO V

Escolha do sistema do transporte

O estabelecimento do sistema de transporte a utilizar em cada caso particular, não pode estar, como é natural, subordinado a regras fixas, nem é possível encontrar um critério sistemático de escolha.

No entanto, de um modo geral, entre todos os tipos de transportadores, é possível escolher alguns mais aconselháveis para a instalação a que se destinam.

Tudo o que se vai dizer sobre o assunto, não corresponde senão a *uma orientação geral* e pretende tanto quanto possível dar elementos para uma selecção rápida.

O primeiro critério a adoptar baseia-se na distância de transporte. Assim:

I — *Distâncias grandes (> a 3 a 5 km):*

Barcos
Vagons
Camionetas

II — *Distâncias médias (de 50 a 200 m a 3 a 5 km):*

Vagonetas
Carroças
Animais
Transportadores aéreos
Funiculares

III — *Distâncias pequenas (< a 50 a 200 m):*

Vagonetas aéreas
Zonas accionadas por acumuladores
Carros de mão
Transportes por homem
Guindastes
Ascensores e monta-cargas
Pontes rolantes
Guinchos
Transportadores de correia
Transportadores de tabuleiro
Transportadores de pás
Noras de alcatruzes fixos
Noras de alcatruzes oscilantes.
Parafusos transportadores.
Tubos transportadores.
Transportadores oscilatórios de pressão variável.
Transportadores oscilatórios de pressão fixa.

I — *Distâncias grandes*

1 — *Transportes por mar* — Barcos.

2 — *Transportes por terra* — Vagons e camionetas.

Sempre que possível, devem utilizar-se vagons; a sua capacidade varia entre 10 a 30 toneladas e cada comboio transporta em geral, 140 toneladas. As camionetas utilizam-se para locais não servidos por caminho de ferro ou para transportes entre a estação e a fábrica ou entre a estação e o local do destino.

II — *Distâncias médias*

1 — *Transportes através de regiões acidentadas, com construções ou cursos de água* — Transportadores aéreos e animais.

O transporte por animais é mais caro e por isso só convém para pequenas capacidades de transporte.

2 — *Transportes entre dois pontos situados sobre as faldas de uma elevação* — Funiculares.

3 — *Transportes em plano com pequena inclinação* — Vagonetas e carroças. Sempre que o percurso é fixo, convém utilizar vagonetas visto que o coeficiente de atrito φ é mais pequeno [1] (ver quadro I).

Quando o transporte se efectua por vagonetas, convém que a inclinação do plano seja tal que o esforço no percurso em que a vagoneta vai carregada seja igual ao do percurso em que vai descarregada. Para isso a vagoneta deve descer quando vai carregadae subir quando descarregada.

Representando por Q o peso da carga e por P o peso total (ver pág. 940), terá de ser

$$P\,(\varphi \cos \alpha - \operatorname{sen} \alpha) = (P - Q)\,(\varphi \cos \alpha + \operatorname{sen} \alpha)$$

ou

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Q\,\varphi}{2\,P - Q}$$

III — *Distancias pequenas*

1 — *Transporte na direcção vertical* — Ascensores, monta-cargas e guinchos.

2 — *Transportes na direcção vertical ou em direcção bastante inclinada sobre a horizontal* — Noras de alcatruzes fixos e parafusos transportadores.

3 — *Transportes numa direcção horizontal ou em direcção pouco inclinada sobre a horizontal* — Transportadores de correia, de tabuleiro, de pás, parafusos transportadores, tubos transportadores e transportadores oscilatórios.

4 — *Transportes na direcção vertical e em várias direcções horizontais* — Guindastes, noras de alcatruzes oscilantes, pontes rolantes.

1 — *Transportes na direcção vertical* — Ascensores, montacargas e guinchos. Usam-se em geral para cargas contidas em embalagens.

2 — *Transportes na direcção vertical ou em direcção bastante inclinada sobre a horizontal* — Noras de alcatruzes fixos e parafusos transportadores. Usam-se para cargas a granel empregando-se em geral as primeiras porque os parafusos só servem para pequenas cargas e pequenas distâncias, como vimos.

3 — *Transportes numa direcção horizontal ou pouco inclinada sobre a horizontal* — Transportadores de correia, de tabuleiro, de pás, parafusos transportadores, tubos transportadores e transportadores oscilatórios. É este caso em que a escolha é mais difícil.

O critério que se pode adoptar na escolha é um critério essencialmente económico, consoante, no preço de custo do produto fabricado intervém como mais importante, a amortização da instalação ou a energia gasta. Deste modo podem classificar-se os transportadores em dois tipos.

a) *Transportadores cujo preço de instalação é elevado e cujo consumo de energia é baixo* — Transportadores de correia e de tabuleiro.

Como se viu, são estes os transportadores em cujo cálculo os coeficientes de atrito no percurso do órgão flexível tomam valores menos elevados, o que faz com que o consumo de energia seja baixo, dependendo, fundamentalmente da lubrificação dos roletes intermediários. Sendo assim, é natural que só estes tipos possam ser empregados para grandes distâncias (em geral, superiores a 30-50 metros), o que obriga, por outro lado a que a sua construção seja mais cuidada e, portanto, mais cara.

Ainda sob este ponto vista, parece lógico que os transportadores de correia sejam sempre preferíveis, mas a isso se opõem as três seguintes considerações:

[1] Muitas vezes, especialmente para percursos grandes, há vantagem em substituir as vagonetas por transportadores aéreos.

1.º) Possibilidade de um grande desgaste da correia pela substância a transportar.

2.º) Dificuldade em obter correias para as substituições.

3.º — O valor de Q poder exceder os limites indicados ($Q > 120.000$ kg/h), e não ser de aconselhar uma carga excessiva por unidade de comprimento da correia.

Se se verificar alguns destes factos, há toda a vantagem em escolher transportadores de tabuleiro.

b) *Transportadores cujo preço de instalação é baixo e cujo consumo de energia é elevado* — Transportadores de pás, parafusos transformadores, tubos transportadores e transportadores oscilatórios.

Deverão empregar-se para pequenas distâncias, ao contrário do caso anterior.

Como se viu, é nos transportadores oscilatórios que o peso do transportador tem uma maior influência sobre a potência a empregar, influência que vai diminuindo à medida que a capacidade de transporte aumenta. Por isso, para grandes capacidades de transporte deve ser este o tipo utilizado.

Para capacidades mais pequenas, devem utilizar-se os parafusos transportadores nos seguintes casos [1]:

1.º) Distância de transporte muito pequena.

2.º) Pouco espaço disponível para as instalações.

Os tubos transportadores, podem utilizar-se nos mesmos casos mas a sua construção é mais cara, embora o consumo de energia seja inferior.

Nos restantes casos, utilizam-se os transportadores de pás.

4 — *Transportes em várias direcções horizontais* — Vagonetas, vagonetas aéreas, carros de mão, zôrras accionadas por acumuladores e transportes por homens.

a) *Cargas a granel* — Vagonetas, carros de mão, vagonetas aéreas.

Os carros de mão empregam-se para as cargas pequenas (50 a 60 kg), que devam ser transportadas entre pontos não fixos; as vagonetas empregam-se para cargas maiores (até 1000 kg) e entre pontos situados ao longo da linha. Estes dois tipos, empregam-se, principalmente nos armazens de enchimento e de mistura.

Quanto às vagonetas aéreas, com motores independentes, destinam-se ao enchimento de armazéns, dada a facilidade de descarga num ponto qualquer.

b) *Cargas em embalagens ou em pedaços grandes e regulares* — Transporte por homens ou por zorras.

Os transportes por homem empregam-se especialmente, no carregamento de sacos em vagons, camionetas e carroças, e, dum modo geral, quando não há possibilidade de fazer a carga por guindastes. (O peso dos sacos oscila entre 50 e 100 kg).

As zorras accionadas por acumuladores empregam-se, especialmente, para a arrumação de armazéns.

5 — *Transportes na direcção vertical e em várias direcções horizontais* — Guindastes, noras de alcatruzes oscilantes, pontes rolantes.

Os guindastos usam-se para carga e descarga de navios e vagons, quer de produtos a granel quer de substâncias em embalagens.

As pontes rolantes utilizam-se em armazens e oficinas para transportar cargas de um ponto a outro qualquer.

As noras de alcatruzes oscilantes, empregam-se, especialmente no transporte de carvão em minas e de cinzas em fábricas. Em geral, uma única nora realiza diferentes transportes.

Conclusão

Estabelecidas, assim, certas normas gerais sobre o cálculo e escolha de transportadores mecânicos, já se torna fácil a consulta (aliás, sempre indispensável) de livros sobre este assunto.

Essa consulta tem dois objectivos fundamentais:

1.º) Apresentar fórmulas que na aparência, muitas vezes diferem das que apresentámos. Para as identificar, basta substituir a simbologia e fazer a conversão das unida-

[1] Os parafusos transformadores empregam-se ainda quando a carga a transportar é muito pequena.

des, tendo em atenção que, na maioria dos casos, os atritos são considerados em conjunto e não, separadamente, como foi o nosso objectivo.

2.º) Comparar os resultados achados com dados de instalações já existentes, a fim de se ter uma ideia mais concreta dos problemas reais, e, além disso, colher elementos sobre os preços de montagem e funcionamento, o que é necessário para a determinação do preço de custo do transporte. [1]

BIBLIOGRAFIA

«Mecânica Racional», pelo Dr. Mira Fernandes (curso do I. S. T.).

«Problemas de Mecânica Racional», (curso do I. S. T.).

«Elements of Chemical Engineering», por Badger and Mc Cabe, edição de Mc Graw-Hill Book Company.

«Chemical Engineering Pland Design», por Frank C. Vilbrandt, edição de Mc Graw-Hill Company.

«Compêndio de Tecnologia Química», por F. A. Henglein, edição de Manuel Marín, Barcelona.

«Chemical Engineers'Handbook» por John H. Perry e W. S. Calcott, edição de Mc Graw-Hill Book Company.

«Etudo Theórique et Pratique sur le Transport et la Manutention Mécaniques des Matériaux et Marchandises», por Georg von Hanffstengel (tradução da 3.ª edição alemã por George Lehr), edição da Libraire Polytechnique Ch. Béranger (3 volumes).

«Las Operaciones y los Aparatos Químicos», pelo Dr. J. González del Tánago, da Editorial Dossat, Madrid.

«Chemical Machinery», por Emil Raymond Riegel, edição da Reinhold Publishing Corporation.

«Modern Materials Handling», por Simeon J. Koshkin, edição de John Wiley & Sons.

«La Escuela del Técnico Mecânico» (tomos IV e V), edição da Labor.

«Manual de L'Ingénieur» (Hütte), edição de Librairie Polytechnique Ch. Béranher.

«Manual del Constructor de Máquinas», por H. Dubbel (traducção espanhola por D. José Serrat y Bonastre), edição da Labor.

«Handbook of Mineral Dressing», por Arthur F. Taggart, edição de John Wiley & Sons.

[1] O conhecimento exacto do preço, consegue-se pedindo catálogos especializados às casas construtoras, ou pedindo um orçamento à oficina de construção.

No próximo número publicaremos a errata deste artigo.

C. D. 624.15 : 624.131

A estática do solo e a sua aplicação ao cálculo das fundações — *Eng.º Dr. Edgar Schutze.*
Técnica, ano XVIII, n.º 141, pág. 499, Novembro de 1943.

C. D. 69.001

Modernas tendências da engenharia construtiva — *Eng.º Bettencourt Fernandes Moreno.*
Técnica, ano XIX, n.º 143, pág. 639, Janeiro de 1944.

C. D. 699.86 : 699.844

A fibra de vidro como isolante térmico e acústico na construção — *Eng.º J. Gil Montero.*
Técnica, ano XIX, n.º 144, pág. 702, Fevereiro de 1944.

622 Minas

C. D. 622.1

Notas sobre a Geologia e a Mineralização das minas de Massueime — *Eng.º Mendes de Sousa.*
Técnica, ano XIX, n.º 145, pág. 743, Março de 1944.

C. D. 622.2

Limites económicos da fragmentação na preparação de minérios — *Eng.º Alberto Morais Cerveira.*
Engenharia, ano I, n.º 2, pág. 3, Outubro-Novembro de 1945.

378 Ensino Superior

C. D. 378

Investigação científica — *Eng.º António Teixeira Lopes.*
Técnica, ano XIX, n.º 145, pág. 733, Março de 1944.

C. D. 378

Engenharia e Estética — *Nuno Teotónio Pereira.*
Técnica, ano XIX, n.º 144, pág. 716, Fevereiro de 1944; n.º 145, pág. 766, Março de 1944.

C. D. 378

A Formação do Engenheiro Moderno — *Eng.º Vicente Ferreira.*
Técnica, ano XIX, n.º 143, pág. 609, Fevereiro de 1944.

C. D. 378

As necessidades colectivas e a engenharia — *Le Corbusier.*
Técnica, ano XIX, n.º 142, pág. 591, Dezembro de 1943; n.º 143, pág. 659, Janeiro de 1944.

51 Matemática

C. D. 517.5

Funções contínuas sobre uma superfície esférica — *Prof. Doutor A. Mira Fernandes.*
Técnica, ano XIX, n.º 142, pág. 563, Dezembro de 1943.

669 Metalurgia

C. D. 669

L'emploi des méthodes statistiques dans le domaine de la métallurgie et des recherches qui s'y rattachent — *Dr. E. Zingg.*
Sulzer, n.º 1, pág. 89, 1945.

C. D. 669

Une méthode simplifiée pour la determination quantitative de l'arsenic, de l'antimoine et de l'etain — *Dr. W. Heves.*
Sulzer, n.º 1, pág. 110, 1945.

621 Máquinas eléctricas

C. D. 621.209 : 621.314

Central Hidro-eléctrica de Verbois.

Sumário:
Introdução.
Alternadores trifásicos 27.500 KVA.
Transformadores de 25.000 KVA.
Quadro dos grupos hidro-eléctricos.
Equipamento eléctrico da barragem.
Alimentação dos serviços auxiliares.

Bulletin Secheron, n.º 15-F, 1944.

628 Hidráulica agrícola

C. D. 663.63.067

Acção do amoníaco e do cloro sobre os materiais das instalações de cloragem das águas de abastecimento — *Eng.º Luiz Veiga da Cunha.*
Técnica, ano XVIII, n.º 141, pág. 518, Novembro de 1943.

C. D. 621.1

Méthode graphique pour la résolution de quelques problémes de dynamique des gaz — *Dr. P. de Haller.*
Sulzer, n.° 1, pág. 6, 1945.

C. D. 621.68

La pompe à chaleur et son rôle dans l'industrie alimentaire.
Sulzer, n.os 3-4, pág. 11, 1944.

C. D. 621.68

Le pompage comme appoint de puissance hydro-électrique d'hiver — *J. Sprecher.*
Sulzer, n.os 3-4, pág. 1, 1944.

C. D. 621.671

Problémes économiques dans les installations de pompes centrifuges en parallèle — *J. Sprecher.*
Sulzer, n.° 2, pág. 32, 1944.

C. D. 621.436

Les nouvelles machines du bateau à mateurs «Säntis».
Sulzer, n.os 3-4, pág. 7, 1944.

C. D. 621.436

Les installations d'oscillographes du nouveau laboratoire de physique — *Dr. W. Marti.*
Sulzer, n.° 1, pág. 80, 1945.

C. D. 621.436

L'amortissement dynamique des vibrations — *A. Kleiner.*
Sulzer, n.° 1, pág. 115, 1945.

C. D. 621 91/99

Inovações na construção suiça de máquinas — ferramentas — *Eng.° E. Mettler.*
Técnica, ano XVIII, n.° 141, pág. 554, Novembro de 1943.

620 Resistência de materiais e Estabilidade

C. D. 631.35

Um método para o estudo experimental dos sistemas hiperestáticos — *Eng.° Edgar Cardoso.*
Engenharia, ano I, n.° 2, pág. 30, Outubro-Novembro de 1945.

C. D. 620.11

Le nouveau laboratoire de recherches de Sulzer Fréres.
Sulzer, n.° 1, pág. 140, 1945.

C. D. 620.11

Quelques extraits de l'activité du Laboratoire d'Essai de Matériaux de Sulzer Frères — *H. Dinner — W. Félix.*
Sulzer, n.° 1, pág. 130, 1945.

C. D. 631.25

Formules générales approchées sur les vibrations transversales d'un barreau encastré à ses deux extremités — *R. Strub.*
Sulzer, n.° 1, pág. 127, 1945.

C. D. 620.11 : 621.165

Fragilité et ténacité des metaux soumis à de hautes températures — *Dr. W. Siegfried.*
Sulzer, n.° 1, pág. 43, 1945.

C. D. 631.25

Estudo das estruturas hiperstáticas pelos teoremas de Castigliano e pelo método de Beggs — *Eng.° Manuel Rocha.*
Técnica, ano XVIII, n.° 139, pág. 365, Junho de 1943; ano XVIII, n.° 140, pág. 429, Julho de 1943; ano XIX, n.° 141, pág. 521, Novembro de 1943; ano XIX, n.° 142, pág. 565, Dezembro de 1945.

624 Construções civis

C. D. 624.13

Cálculos para um ante-projecto de uma salina da Companhia Nacional de Álcalis (Rio de Janeiro) — *Eng.° F. de A. G. Menascal.*
Técnica, ano XIX, n.° 143, pág. 628, Janeiro de 1944.

C. D. 627.83

Conduites forcées Sulzer pour Centrales hydro-electriques — *W. Kienast — Dr. W. Müller.*
Sulzer, n.° 2, pág. 1, 1944.

C. D. 697

Les nouvelles installations de chauffage et d'aération de la maison Adolphe Saures S. A., à Arbon (Suisse).
Sulzer, n.os 3-4, pág. 14, 1944.

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

●

CONDUTORES ELÉCTRICOS

CEL

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

●

CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuïdora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA

MÁRMORES

aos melhores preços
Em todas as aplicações

IIII

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

IIII

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA

MÁQUINAS PARA:

Oficinas Metalúrgicas
Serrações e Carpintarias
Minas, Pedreiras, Construção Civil
Estaleiros Navais, Garagens

Motores, Moto-bombas, Burrinhos, etc.

REFRIGERAÇÃO MODERNA
PELOS COMPRESSORES «BRUNNER»

Máquinas e Ferramentas Sacavém, Ltd.a

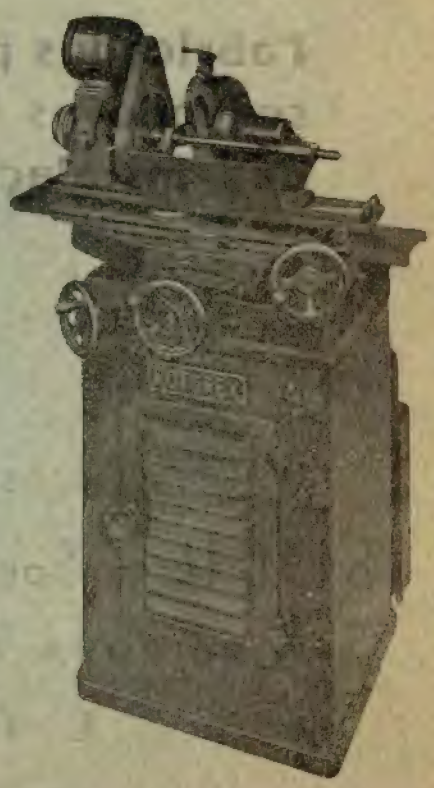
Avenida Almirante Reis, 80-B a 80-E — Lisboa
Rua Domingos José de Morais, 35 a 37 — Sacavém

A. C. ROLIM & C.A, L.DA

TODAS AS MÁQUINAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL E MECÂNICA

BETONEIRAS
MOTO MISTURADORES
BOMBAS PARA BETÃO (PUMPCRETE)
BOMBAS CENTRÍFUGAS
PAVIMENTADORES
MÁQUINAS PARA ARGAMASSAR
GUINCHOS
CILINDROS PARA ESTRADA
MATERIAL COMPRESSOR E DE ESCAVAÇÃO
UNIDADES FRIGORÍFICAS ATÉ 5 CV

FREZAS
MÁQUINAS DE RECTIFICAR
ESCATELADORES, ETC. ...



ESCRITÓRIOS:
RUA DOS CORREEIROS, 40, 2.º-D.
LISBOA

AZEVEDO & PESSI, L.DA

RUA NOVA DO ALMADA, 46 — LISBOA

Informa que lhe foi confiada a Agência Geral para Portugal da

FÁBRICA DE APARELHAGEM ELÉCTRICA

Alta e Baixa Tensão

SPRECHER & SCHUH, S. A.

AARAU (Suíça)

Disjunctores-orthojectores
Relais directos — Seccionadores
Contactores — Pára-raios
Transformadores de intensidade, etc.

completando assim a representação que já tinha de

EMILE HAEFELY & C.IE, S. A.

BÂLE (Suíça)

de

Transformadores de potência
Transformadores de medida
Condensadores estáticos
Material isolador (tubos, batons e placas)
Isoladores de alta tensão, etc., etc.
Equipamentos para Laboratórios de Alta Tensão
Construção de enrolamentos novos e rebobinagem

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONE 20879 TELEG. EPALDA—LISBOA

Motores eléctricos. Transformadores.
Geradores e alternadores eléctricos.
Ferramentas eléctricas.
Bombas para todos os líquidos e tôdas as profundidades.
Grupos moto-bombas.
Motores de explosão para fins industriais e agrícolas.

Oficinas de:

Reparação e transformação de motores eléctricos e de explosão.
Transformadores e aparelhos eléctricos.

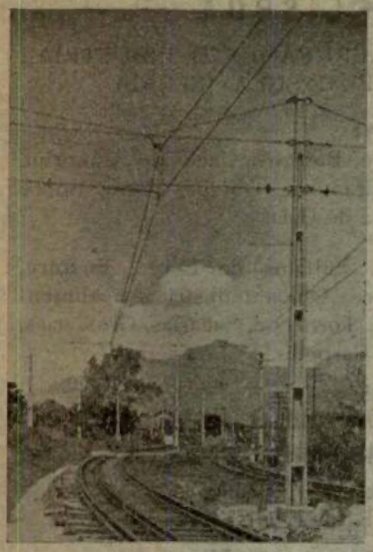
MECANO ELÉCTRICA, L.DA

RUA DA BOA VISTA, 88-94—LISBOA

TELEFONE: 22300 Telegramas: MECTRICA

INDICAÇÕES TECNICAS
PROJECTOS DE
REDES ELÉCTRICAS — TELEFÓNICAS

POSTES



CAVAN

Electrificação Caminho de Ferro—Brasil

LISBOA — Rua D. Estefânia, 42
Telef. 4 7812
PORTO — Praça da Batalha, 90-2.º
Telef. 7117

LIVROS TÉCNICOS

GRANDE SORTIDO
PREÇOS NORMAIS

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
Rua Eugénio dos Santos, 75
Telef. 2 4314 - 2 4315 LISBOA

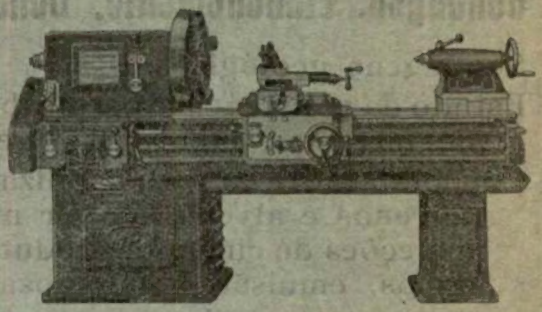
SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO
Rua de S. Tiago, 13
LISBOA
Telefone 26572

TORNOS DE QUALIDADE



Fabricados segundo tolerâncias «Schlesinger», NA ORDEM DO 1/100 mm e empregando aços especiais, também de Cr-Ni, os nossos tornos são PELO MENOS TÃO BONS COMO OS MELHORES ESTRANGEIROS

Máquinas de Precisão, Ltd.ª
(Director: Eng. J. d'Arriaga de Tavares)
45, Rua da Boa Vista, 49-1.º
TELEF. 6 1581 LISBOA

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL e de MINERALOGIA, executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações dirigir-se ao secretário da comissão executiva

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

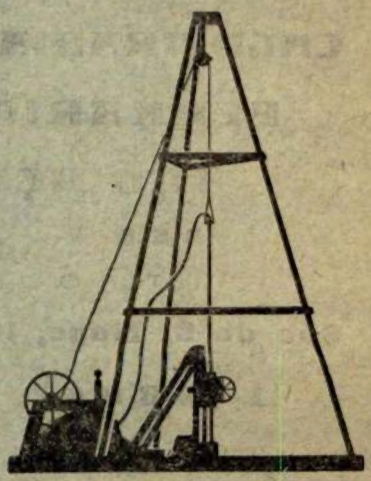
Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «cement gun»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no país e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º—LISBOA Tel. 2 8685

Emprêsa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

RUA DA BETESGA, 57, 3.º
TELEF. 2 3962

LISBOA

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

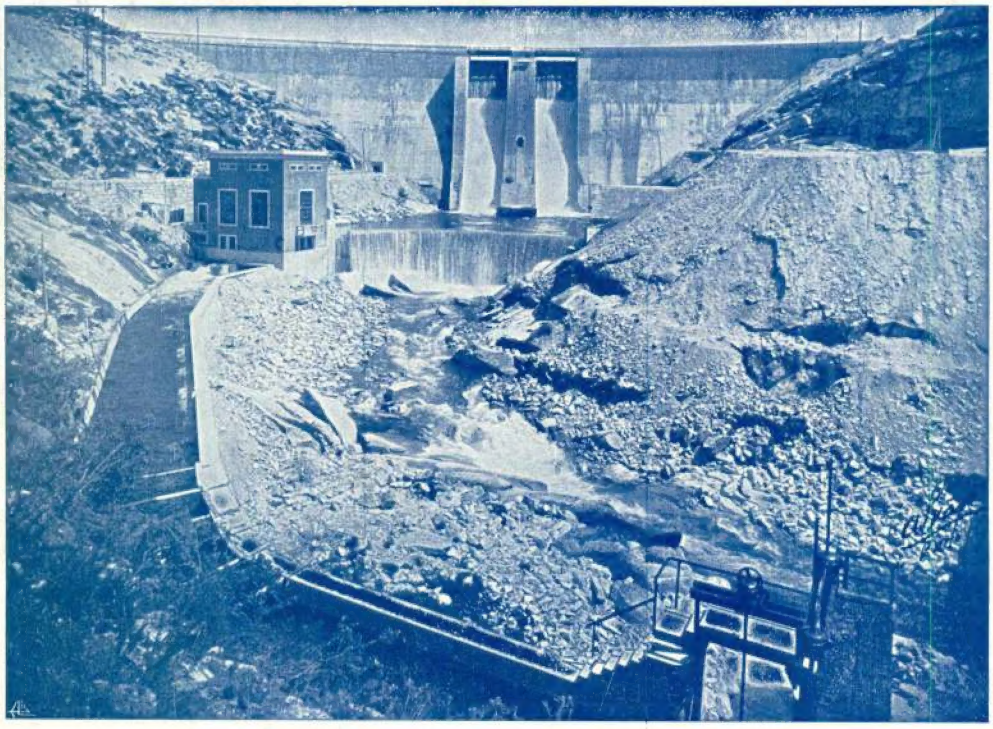
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Praça de D. João I, 25, 3.º Dir. // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, Material de alta frequência, Telegrafia, Telefonia, Telecomando, etc.



Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.